

Материалы заданий олимпиады 2017-2018 учебного года

Наименование олимпиады школьников: Многопредметная олимпиада Пермского государственного национального исследовательского университета «Юные таланты»

Предмет (комплекс предметов): Химия

Порядковый номер олимпиады в Перечне: 39

СОДЕРЖАНИЕ

1. ЗАДАНИЯ ВТОРОГО (ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОГО) ЭТАПА.....	3
1.1 Задания Отборочного теоретического тура.....	3
1.1.1 Задания 9 класса.....	3
1.1.2. Задания 10 класса.....	5
1.1.3. Задания 11 класса.....	8
1.2 Задания Теоретического тура.....	10
1.2.1 Задания 9 класса.....	10
1.2.2. Задания 10 класса.....	12
1.2.3. Задания 11 класса.....	14
1.3. Задания Экспериментального тура	16
1.3.1. Задание 9 класса.....	16
1.3.2. Задание 10 класса.....	16
1.2.3. Задание 11 класса.....	17
2. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ЗАДАНИЙ ВТОРОГО (ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОГО) ЭТАПА	18
2.1. Критерии оценивания заданий Отборочного теоретического тура	18
2.1.1. Задания 9 класса.....	18
2.1.2. Задания 10 класса.....	21
2.1.3. Задания 11 класса.....	25
2.2. Критерии оценивания заданий Теоретического тура.....	29
2.2.1. Задания 9 класса.....	29
2.2.2. Задания 10 класса.....	33
2.2.3. Задания 11 класса.....	37
2.3. Критерии оценивания заданий Экспериментального тура	42
2.3.1. Задание 9 класса.....	42
2.3.2. Задание 10 класса.....	43
2.3.3. Задание 11 класса.....	43
3. ЗАДАНИЯ ПЕРВОГО (ОТБОРОЧНОГО) ЭТАПА	45
3.1 Задания Интернет-тура.....	45
3.1.1. Задания 9 класса.....	45

3.1.2 Задания 10 класса.....	47
3.1.3 Задания 11 класса.....	49
3.2 Критерии оценки заданий Интернет-тура	51
3.2.1 Задания 9 класса.....	51
3.2.2 Задания 10 класса.....	52

1. ЗАДАНИЯ ВТОРОГО (ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОГО) ЭТАПА

1.1 Задания Отборочного теоретического тура

1.1.1 Задания 9 класса

Задача №9-1

До XIX века человечеству было известно единственное взрывчатое вещество, в состав которого входит индийская селитра, древесный уголь и ярко-желтое вещество **A** в соотношении по массе соответственно 75 %, 13% и 12%.

Вещество **A** при нагревании реагирует с 50%-ным раствором гидроксида натрия (*реакция 1*) с образованием солей **B** и **B**, водные растворы которых окрашивают лакмусовую бумажку в синий цвет. При кипячении раствора **B** с порошком вещества **A** образуется соединение **Г** (*реакция 2*). Обработка солей **B** и **B** раствором соляной кислоты приводит к выделению газов **Д** и **Е** соответственно (*реакция 3 и 4*). Оба газа тяжелее воздуха, имеют неприятные запахи и окрашивают влажную лакмусовую бумажку в красный цвет.

Окисление солей **B** и **B** сильными окислителями в обоих случаях приводит к образованию соли **Ж** (*реакции 5 и 6*). Соль **Ж** имеет нейтральную реакцию в водном растворе и образует осадок при добавлении раствора нитрата свинца (*реакция 8*).

1. Определите вещества **A–Ж** и напишите уравнения реакций 1–7.
2. Как называется взрывчатое вещество, описанное в задаче? Напишите уравнение реакции его горения.
3. Соединение **Д** имеет схожую с водой структуру. Однако оно плохо растворяется в воде и имеет более низкую температуру кипения. Как можно объяснить данное явление?

Задача №9-2

Любимой забавой Леночки было выращивание кристаллов. В ее коллекции уже имелось несколько красивых кристаллов разной формы и цвета. Сегодня она задумала вырастить кристаллы из хромокалиевых квасцов. Но вот беда – квасцов в лаборатории не оказалось! Только Леночку это не расстроило – ведь их можно синтезировать самой.

Для синтеза квасцов Леночка взяла дихромат калия, тщательно растерла его в ступке и растворила в серной кислоте, затем охладила полученный раствор в кристаллизаторе со снегом. К охлажденному раствору она добавляла небольшими порциями этиловый спирт, постоянно перемешивая раствор. Окраска раствора постепенно изменилась с оранжевой на зеленую, а в воздухе витал запах зеленых яблок. При последующем охлаждении начали выпадать темно-фиолетовые кристаллы хромокалиевых квасцов. После полного их осаждения довольная Леночка отфильтровала кристаллы и высушила их.

Вот теперь можно и позабавиться! Леночка отмерила 200 мл воды и нагрела ее до 80°C, после чего начала растворять в ней полученные квасцы. Для получения насыщенного раствора ей потребовалось 56,5 г квасцов. Затем она внесла в раствор ниточку с затравкой и оставила его на несколько дней при комнатной температуре. Спустя время она достала из раствора красивый фиолетовый кристалл!

1. Какие соединения называют квасцами? Приведите формулы и названия двух известных вам квасцов.
2. Запишите уравнение реакции, по которому Леночка получила хромокалиевые квасцы. Рассчитайте объемы серной кислоты ($\omega = 60\%$, $\rho = 1,5$ г/мл) и этанола ($\omega = 96\%$, $\rho = 0,8$ г/мл), которые необходимо взять, чтобы получить 56,5 г квасцов, если кислоты требуется взять на 20%, а спирта на 50% больше требуемого по уравнению реакции.
3. Рассчитайте массовые доли сульфата калия и сульфата хрома (III) в насыщенном растворе при 80 °C.

4. Рассчитайте массу кристалла, выращенного Леночкой, если известно, что массовая доля безводной соли $KCr(SO_4)_2$ в растворе после извлечения кристалла составляет 11,1%.

5. Друг Леночки Коля Пробиркин случайно пролил на выращенный кристалл щелочной раствор перекиси водорода, который он подготовил для своего опыта. Что произошло с кристаллом? Запишите соответствующее уравнение реакции.

Задача №9-3

Юный химик Василий всегда был нерасторопным, и после очередного опоздания на урок химии, в качестве наказания учитель попросил его определить, какие газы находятся в четырех газометрах на учительском столе.

Отобрав в термостойкие пронумерованные колбы пробы из газометров №1 и №2, он добавил по 2,1 г легкого щелочного металла **X**, закрыл колбы и на всякий случай немного погрел их. В колбе №1 образовался белый порошок вещества **A** массой 4,5 г, а в колбе №2 – сразу два вещества **A** и **B**! В веществе **A** массовая доля металла составила 46,67%, а в **B** – 60,00%.

К пробе, отобранной из газометра №3, Вася решил добавить 4 г черного порошка оксида металла **Y**, содержащего 20% кислорода, и тоже погреть. В результате нагрева порошок покраснел, а его масса уменьшилась на 0,8 г. Кроме того, на внутренних стенках колбы сконденсировалась бесцветная жидкость **B**, плотность паров которой при н.у. составила 0,8036 г/л.

Отбирая пробу из газометра №4, Вася отметил резкий запах его содержимого. Немного подумав, он поместил в колбу с пробой газа кусочек железа и нагрел. В результате на дне колбы образовались бурые кристаллы соединения **Г**, содержащего 34,46% железа.

1. Определите содержимое всех баллонов, если известно, что, по крайней мере, в трех из четырех баллонов находились простые вещества, а вещества **A–Г** являются бинарными. Какой металл **X** и оксид какого металла **Y** использовал Вася в своих экспериментах? Ответ подтвердите расчетами.
2. Запишите формулы соединений **A–Г**, образовавшихся в баллонах, состав веществ подтвердите расчетами.
3. Запишите уравнения всех реакций, протекавших в баллонах.
4. Какое вещество может образоваться, если прореагируют вещества, содержащиеся в баллонах №3 и №4? Запишите соответствующее уравнение реакции.

Задача №9-4

Оксид хрома (III) используется при изготовлении паст для шлифования и полирования сплавов, полимеров и стекол (паста ГОИ). Существует 3 основных сорта пасты ГОИ: грубая, средняя и тонкая. Грубая наиболее эффективна по снимаемому объему материала, дает матовую поверхность. Средняя дает чистую поверхность. Тонкие пасты используются для тонкой притирки (доводки), придают зеркальный блеск.

1. На каком свойстве оксида хрома(III) основано его использование в пасте ГОИ?
2. От какого основного фактора зависит шлифовальная способность различных сортов пасты ГОИ?

Оксид хрома (III) можно получить восстановлением дихромата калия элементарной серой (реакция 1), древесным углем (реакция 2) или хлоридом аммония (реакция 3).

Другим способом является восстановление хромата натрия смесью серы и угля с одновременным получением сернистого натрия (реакция 4) или дихромата натрия аммиаком с образованием хромита натрия (реакция 5), который далее разлагается водой в присутствии CO_2 с образованием гидроксида хрома (III) (реакция 6).

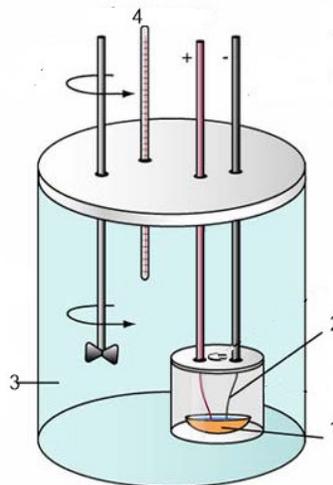
Хромат натрия также можно восстановить оксидом углерода (II) до хромита (реакция 7). Чтобы избежать образования хромита натрия восстановление хромата оксидом углерода (II) можно проводить в присутствии $Al(OH)_3$ (реакция 8). Гидроксид алюминия может быть

регенерирован из образующегося алюмината взаимодействием с раствором гидрокарбоната натрия (реакция 9).

3. Напишите уравнения химических реакций, описанных в тексте задания.

Задача №9-5

Для определения теплот химических реакций и теплот образования сложных веществ используют калориметры. Простейший калориметр представляет собой два сосуда, внешний, заполненный водой (3) и внутренний, который содержит тигель (1) для проведения реакции. Инициирование химической реакции производится путем поджигания от электрических контактов (2). Теплота, выделяющаяся в процессе реакции, нагревает воду во внешнем сосуде (3) и по разности температур до начала процесса и после его окончания можно оценить теплоту реакции.



Для определения теплоты образования одного из оксидов железа (72,41% Fe) 58,0 г оксида и рассчитанное количество порошка алюминия поместили в тигель (1) и подожгли смесь. После окончания реакции температура во внешнем сосуде, содержащем 3,5 л воды повысилась на 19°C.

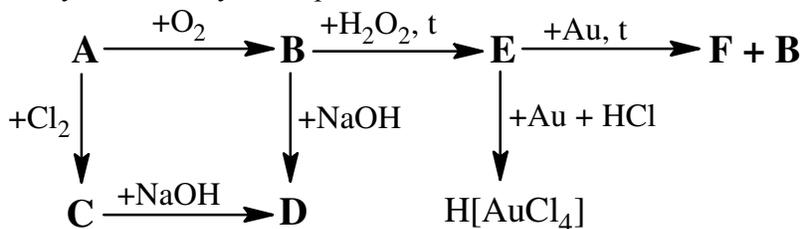
1. Определите формулу оксида, теплоту образования которого измеряли?
2. Запишите термохимическое уравнение взаимодействия алюминия с исследуемым оксидом железа, если удельная теплоемкость воды равна 4,18 кДж/кг·К.
3. Вычислите теплоту образования исследуемого оксида железа, если теплота образования оксида алюминия равна 1670 кДж/моль

1.1.2. Задания 10 класса

Задача №10-1

Химический элемент А входит в состав 37 минералов, а соответствующее ему простое вещество имеет несколько аллотропных модификаций и проявляет свойства неметалла.

Элемент А вступает в следующие реакции:



1. Определите вещества А – F, если известно, что:

Вещество	$\omega(\text{O}), \%$	Внешний вид
А	0,00	Серый, с металлическим блеском
В	28,83	Белый, летучий
С	0,00	Светло-желтый, летучий
Д	27,75	Белый, кристаллический
Е	44,14	Белый, плавится при 62°C

2. Напишите уравнения реакций, отвечающих приведенной схеме.

Задача №10-2

Любимой забавой Леночки было выращивание кристаллов. В ее коллекции уже имелось несколько красивых кристаллов разной формы и цвета. Сегодня она задумала

вырастить кристаллы из хромокалиевых квасцов. Но вот беда – квасцов в лаборатории не оказалось! Только Леночку это не расстроило – ведь их можно синтезировать самой.

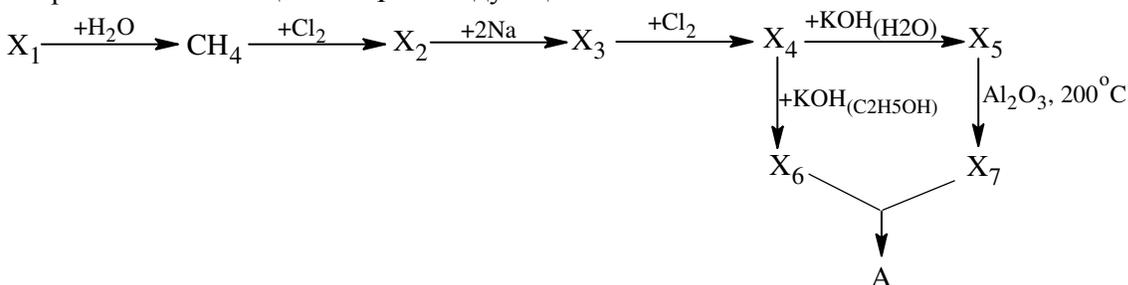
Для синтеза квасцов Леночка взяла дихромат калия, тщательно растерла его в ступке и растворила в серной кислоте, затем охладила полученный раствор в кристаллизаторе со снегом. К охлажденному раствору она добавляла небольшими порциями этиловый спирт, постоянно перемешивая раствор. Окраска раствора постепенно изменилась с оранжевой на зеленую, а в воздухе витал запах зеленых яблок. При последующем охлаждении начали выпадать темно-фиолетовые кристаллы хромокалиевых квасцов. После полного их осаждения довольная Леночка отфильтровала кристаллы и высушила их.

Вот теперь можно и позабавиться! Леночка отмерила 200 мл воды и нагрела ее до 80°C, после чего начала растворять в ней полученные квасцы. Для получения насыщенного раствора ей потребовалось 56,5 г квасцов. Затем она внесла в раствор ниточку с затравкой и оставила его на несколько дней при комнатной температуре. Спустя время она достала из раствора красивый фиолетовый кристалл!

1. Какие соединения называют квасцами? Приведите формулы и названия двух известных вам квасцов.
2. Запишите уравнение реакции, по которому Леночка получила хромокалиевые квасцы. Рассчитайте объемы серной кислоты ($\omega = 60\%$, $\rho = 1,5$ г/мл) и этанола ($\omega = 96\%$, $\rho = 0,8$ г/мл), которые необходимо взять, чтобы получить 56,5 г квасцов, если кислоты требуется взять на 20%, а спирта на 50% больше требуемого по уравнению реакции.
3. Рассчитайте массовые доли сульфата калия и сульфата хрома (III) в насыщенном растворе при 80°C.
4. Рассчитайте массу кристалла, выращенного Леночкой, если известно, что массовая доля безводной соли $KCr(SO_4)_2$ в растворе после извлечения кристалла составляет 11,1%.
5. Друг Леночки Коля Пробиркин случайно пролил на выращенный кристалл щелочной раствор перекиси водорода, который он подготовил для своего опыта. Что произошло с кристаллом? Запишите соответствующее уравнение реакции.

Задача №10-3

Углеводород **A**, масса молекулы которого равна $13,621 \cdot 10^{-23}$ г, может быть получен из неорганического вещества X_1 по следующей схеме:



Окисление **A** перманганатом калия в нейтральной среде приводит к образованию вещества **B**, содержащего 27,59% кислорода. Если окисление проводить в кислой среде, то образуется вещество **B** – полупродукт для получения полимерных материалов, которое при температуре 300°C теряет воду и превращается в вещество **Г**.

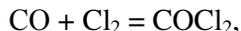
Если взять 3 моль вещества **A** и нагреть его на палладиевом катализаторе при температуре 200°C, то оно диспропорционирует с образованием 2 молей вещества **Д** и одного моля ароматического вещества **Е**, которое, подвергаясь дальнейшему нитрованию и восстановлению образует вещество **Ж** незаменимое при получении синтетических красителей.

1. Напишите структурную формулу углеводорода **A**, веществ X_1 – X_7 и **Б–Ж**.
2. Напишите уравнения всех реакций, описанных в тексте задачи.
3. Как называется реакция получения **A** из веществ X_6 и X_7 ?

Задача №10-4

Английский химик Гемфри Дэви в 1812 году впервые получил газообразного вещества, обладающее удушающим действием и дал ему название «фосген», что в переводе с греческого означает «рожденный светом».

Известно, что оксид углерода (II) и хлор при нормальных условиях вступают в обратимую реакцию образования фосгена:



константа равновесия которой при нормальных условиях равна 1.

В закрытом производственном помещении длительно фиксируются концентрации хлора и угарного газа равные $0,5 \text{ мг/м}^3$ и $0,1 \text{ мг/л}$ соответственно.

1. Можно ли находиться в этом помещении длительное время без средств защиты, если предельно допустимые концентрации хлора, оксида углерода (II) и фосгена равны 1 мг/м^3 , $0,2 \text{ мг/л}$ и $0,02 \text{ мг/л}$ соответственно.

Фосген легко дезактивируется (теряет свои отравляющие свойства) при взаимодействии с раствором щелочи, аммиаком и легко разрушается при контакте с нагретым оксидом меди (II), что может использоваться в средствах защиты или для его утилизации.

2. Запишите уравнения реакций взаимодействия фосгена с водой, гидроксидом натрия, аммиаком и оксидом меди (II).

Другим способом дегазации помещений при утечке фосгена является обработка помещений водой из пожарных брандспойтов.

3. Вычислите pH водных стоков, образующихся при утилизации утечки $0,05 \text{ кг}$ фосгена водой объемом 10 м^3 воды.

Задача №10-5

Опыты с марганцовкой

В домашней аптечке юный химик Вася обнаружил пузырек с кристаллами марганцовки и решил исследовать ее свойства. Прихватив с собой пузырек, он отправился в школьную лабораторию, чтобы провести серию опытов.

В первом опыте Василий к кристаллам перманганата калия добавил концентрированную серную кислоту и получил вещество **A** в виде густой маслянистой жидкости темно-красного цвета (*реакция 1*), содержащей $49,55 \text{ мас.}\%$ марганца. Однако уже через час вещество **A** превратилось в темно-коричневый порошок **C** (*реакция 2*), который при добавлении в раствор перекиси водорода вызывает ее бурное разложение.

Во втором опыте Вася приготовил водный раствор марганцовки и подкислил его разбавленной серной кислотой. К раствору он добавил щавелевую кислоту $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$, при этом он наблюдал исчезновение малиновой окраски и выделение газа без запаха, вызывающего помутнение известковой воды (*реакция 3*). Полученный бесцветный раствор, содержащий соль **B**, Вася разделил на две части. К первой порции раствора он добавил раствор гидроксида натрия и получил осадок цвета слоновой кости **D** (*реакция 4*), который при последующем действии брома в присутствии гидроксида натрия превратился в коричневый осадок **C** (*реакция 5*). Ко второй порции раствора Вася добавил исходный раствор марганцовки, при этом также выпал коричневый осадок **C** (*реакция 6*).

При добавлении к осадку **C** концентрированной соляной кислоты Вася получил желто-зеленый газ с резким запахом и соль **E** (*реакция 7*). Эту же соль **E** Вася получил при действии разбавленной соляной кислоты на осадок **D** (*реакция 8*).

Сплавлением вещества **C** со смесью нитрата калия и гидроксида калия Васе удалось получить соль **F** зеленого цвета (*реакция 9*), имеющую такой же качественный состав, как и марганцовка. При термическом разложении порошка марганцовки Вася получил смесь соединений **C** и **F** (*реакция 10*).

Напишите уравнения всех реакций, проведенных Васей, расставьте коэффициенты.

1.1.3. Задания 11 класса

Задача №11-1

В конце 18 века Даниэль Резерфорд описал новый химический элемент X и описал свойства его простого вещества – не реагирует со щелочами, не поддерживает горения, непригоден для дыхания. Однако название химического элемента, дословный перевод которого с греческого «безжизненный», ему не соответствует. В высшей степени окисления X образует метаислоту, в которой его валентность не совпадает со степенью окисления. В конце 30-х годов 20 века были получены соли ортоислоты элемента X, легко разлагающиеся в присутствии паров воды на соли метаислоты и щелочь.

Соединения элемента X широко используются в различных отраслях промышленности. Рассмотрим несколько примеров.

1. В одной из низших степеней окисления элемент образует бескислородную кислоту Y (97,7% X), натриевая соль которой используется для заполнения подушек безопасности и при консервации физиологического раствора.

2. Соединение элемента X, содержащее 40,0 мас.% углерода и 13,3 мас.% водорода является компонентом высококипящего ракетного топлива.

1. *Определите элемент X, открытый Резерфордом.*

2. *Напишите формулы и дайте название метаислоте, ортоислоте элемента X и напишите реакцию разложения натриевой соли ортоислоты.*

3. *Определите формулу и название кислоты Y, напишите уравнение реакции, которое позволяет получить простое вещество элемента X при срабатывании подушки безопасности.*

4. *Определите структурную формулу и название соединения, которое используется как компонент ракетного топлива.*

5. *Применение, в какой отрасли и в каком качестве, солей метаислоты соединения объясняет несоответствие греческого названия и свойств элемента X.*

Задача №11-2

В ряде случаев народные рецепты для лечения различных заболеваний могут иметь научное объяснение. Например, при простудных заболеваниях для полоскания горла используют следующий рецепт: «в стакан крутого кипятка добавляют 1-2 капли спиртовой настойки йода и чайную ложку соды».

Известно, что в результате протекания ряда химических реакций в полученном растворе образуется вещество X, обладающее антисептическим действием.

1. *Назовите вещество X и приведите уравнения реакций, приводящих к его образованию в смеси для полоскания горла*

Вещество X, представляющее собой желтые кристаллы, плохо растворимые в воде и обладающие характерным запахом, можно также получить при электролизе спиртового раствора иодида калия.

2. *Объясните процессы, которые протекают при электролизе спиртового раствора KI и напишите уравнения химических реакций.*

Описанные выше реакции, приводящие к веществу X, используются в качественном органическом анализе для определения некоторых классов органических веществ.

3. *Как называется эта реакция и какие вещества с помощью нее можно обнаружить?*

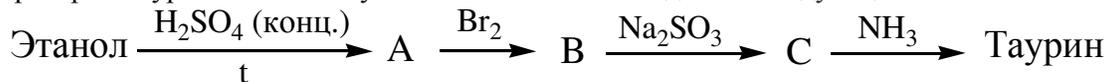
4. *Можно ли использовать в этой реакции вместо иодида калия другие галогениды?*

Задача №11-3

Вездесущий таурин

Изучая состав корма для кошек, Леночка обнаружила в его составе таурин. Тут она вспомнила, что её бабушка использует глазные капли с таким же названием, а еще она встречала его в составе энергетических напитков. Озадаченная Леночка тут же выяснила, что таурин обладает амфотерными свойствами и может образовываться непосредственно в

организме человека. Биосинтез таурина заключается в окислении аминокислоты цистеина (2-амино-3-меркаптопропановой кислоты) или цистина (3,3'-дителио-бис-2-аминопропановой кислоты) и последующем декарбоксилировании образующейся цистеиновой кислоты. В лаборатории таурин можно получить из этанола в 4 стадии по следующей схеме:

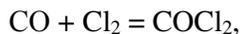


1. Приведите уравнения реакций, лежащих в основе лабораторного способа получения таурина.
2. Приведите уравнения реакций, лежащих в основе биосинтеза таурина из цистеина и цистина.
3. Приведите уравнения реакций, подтверждающие амфотерные свойства таурина.
4. Почему кошки должны получать таурин с пищей? Выскажите свои соображения.

Задача №11-4

Английский химик Гемфри Дэви в 1812 году впервые получил газообразное вещество, обладающее удушающим действием и дал ему название «фосген», что в переводе с греческого означает «рожденный светом».

Известно, что оксид углерода (II) и хлор при нормальных условиях вступают в обратимую реакцию образования фосгена:



константа равновесия которой при нормальных условиях равна 1.

В закрытом производственном помещении длительно фиксируются концентрации хлора и угарного газа равные 0,5 мг/м³ и 0,1 мг/л соответственно.

1. Можно ли находиться в этом помещении длительное время без средств защиты, если предельно допустимые концентрации хлора, оксида углерода (II) и фосгена равны 1 мг/м³, 0,2 мг/л и 0,02 мг/л соответственно.

Фосген легко дезактивируется (теряет свои отравляющие свойства) при взаимодействии с раствором щелочи, аммиаком и легко разрушается при контакте с нагретым оксидом меди (II), что может использоваться в средствах защиты или для его утилизации.

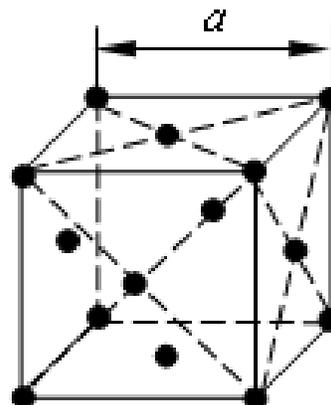
2. Запишите уравнения реакций взаимодействия фосгена с водой, гидроксидом натрия, аммиаком и оксидом меди (II).

Другим способом дегазации помещений при утечке фосгена является обработка помещений водой из пожарных брандспойтов.

3. Вычислите pH водных стоков, образующихся при утилизации утечки 0,05 кг фосгена водой объемом 10 м³ воды.

Задача №11-5

Структуру многих сложных соединений можно описать в рамках теории плотнейших шаровых упаковок (ПШУ). При рассмотрении модели ПШУ считают, что атомы представляют собой жесткие шары. Касаясь, шары заполняют большую часть пространства, однако между ними имеется незанятое пространство, которое называется пустотой, при этом в пустотах могут располагаться атомы других элементов. Различают два типа пустот: тетраэдрические и октаэдрические, которые называются по форме многогранников, вершины которых находятся в центрах окружающих их атомов. Тетраэдрическая пустота заключена между четырьмя атомами ПШУ, октаэдрическая – между шестью. При этом всегда на один атом ПШУ приходится одна октаэдрическая и две тетраэдрические пустоты. Например, структуру NaCl можно



рассматривать как ПШУ ионов хлора, все октаэдрические пустоты в которой заняты ионами натрия.

В структуре некоторого оксида урана атомы урана расположены в вершинах и в центре каждой грани кубической элементарной ячейки с параметром $a = 5.46$ ангстрем (1 ангстрем = 10^{-10} м). Плотность данного оксида составляет 11 г/см³.

1. Определите формулу упомянутого оксида урана.
2. Укажите какие пустоты (октаэдрические или тетраэдрические) занимают атомы кислорода, если известно, что занят только один тип пустот.
3. Определите координационные числа атомов урана и кислорода.
4. Укажите основную область применения данного оксида.
5. Запишите уравнение реакции растворения обсуждаемого оксида в серной кислоте в присутствии MnO_2 (реакция 1) или концентрированной азотной кислоте (реакция 2), если известно, что в продуктах реакции уран присутствует в виде катиона уранила UO_2^{2+} .

1.2 Задания Теоретического тура

1.2.1 Задания 9 класса

Задача №9-1

Аквамарин (с латинского *морская вода*) – минерал класса алюмосиликатов, который получил свое название за характерную голубовато-зеленую окраску. Этот минерал относится к драгоценным камням. Он прозрачен, цвет его проявляется неявно, а при длительном пребывании на Солнце камень и вовсе бледнеет.

1. Среди многообразия солей, встречающихся в природе, имеется металл, хотя и не входящий в состав аквамарина, но соединения которого имеют насыщенную голубую или синюю окраску в водных растворах. Назовите этот металл и приведите формулы и названия двух основных карбонатов этого металла, встречающиеся в природе.

Хотя аквамарин не применяют в качестве руды, из него можно выделить довольно дорогой и редкий металл **X** (получивший название как раз по названию класса минералов, к которому относится и аквамарин). Сделать это можно по следующей схеме:

- А) Минерал обрабатывается концентрированной серной кислотой при нагревании. В раствор переходят алюминий и металл **X**.
 - Б) К полученному раствору добавляют избыток раствора карбоната аммония, алюминий в виде нерастворимого соединения выпадает в осадок, а металл **X** остается в растворе в виде комплексного соединения **Y**.
 - В) Затем комплексное соединение разлагают соляной кислотой, из полученного раствора осаждают водным раствором аммиака металл **X** и выделяют его в виде оксида. Последним этапом проводят магнийтермию.
2. Установите металл **X**, формулы вещества **Y** и неизвестного минерала, зная, что массовая доля **X** в минерале равна $5,028\%$ и что условно на одну формульную единицу оксида алюминия приходится шесть формульных единиц оксида кремния.
 3. Напишите уравнения всех описанных реакций.
 3. Какое название предлагалось для металла **X**?

Подсказкой для ответа на последний вопрос Вам послужит биологически активная добавка – простейшая аминокислота, которую Вы, возможно, принимаете перед каждым экзаменом.

Задача №9-2

Перед бакалавром Александром, была поставлена задача выяснения термического поведения соединения, содержащего марганец, углерод, кислород и водород в соответственных массовых долях – $34,16$, $14,91$, $49,69$ и $1,24$ %. По результатам

исследования предоставленного Александром образца была получена термограмма, которая показала, что в диапазоне температур 106,5 – 150°C происходит снижение массы образца на 11,2 % за счет удаления воды. Далее, при 340 – 430°C, наблюдается потеря 44,7 % от начальной массы с регистрацией масс-спектрометром выделения угарного и углекислого газов. При более высоких температурах изменения массы образца не происходит.

Александр, являясь хорошо подготовленным специалистом, вооружился термограммой, периодической системой, калькулятором, провёл расчёты, определил простейшую формулу исходного вещества, написал уравнения, сопровождающих его термическое разложение реакций, и выяснил формулу конечного продукта. Вы пока не бакалавр, но попробуйте, используя имеющиеся данные, провести расчеты, позволяющие:

- 1. Определить простейшую и истинную формулу, а также молярную массу и название исходного веществ.*
- 2. Написать уравнения реакций, сопровождающих его последовательное термическое разложение.*
- 3. Выяснить, какое вещество является конечным продуктом, и указать его молярную массу.*

Задача №9-3

Обычный школьный мелок в своем составе содержит карбонат кальция, гипс и инертные примеси. Для количественного анализа взяли навеску 5,0000 г мела и высушили в сушильном шкафу при температуре 250°C, при этом масса навески уменьшилась на 0,5233 г.

Вторую навеску мела такой же массы поместили в коническую колбу и добавили 50,00 мл раствора соляной кислоты с концентрацией 1,0000 моль/л. После окончания реакции раствор отфильтровали и оттитровали его раствором гидроксида натрия с концентрацией 0,4825 моль/л, при этом затратив 10,36 мл титранта.

- 1. Определите массовые доли основных компонентов школьного мела.*
- 2. Напишите уравнения реакций, которые осуществлены при анализе мела.*

Задача №9-4

Галогенид элемента **A** – вещество **B**, массой 14,85 г, растворили в 285,15 мл воды. При этом образовалось соединение **B**, валентность элемента **A** в котором не совпадает с его степенью окисления. Для полной нейтрализации полученного раствора потребовалось 90 мл раствора гидроксида натрия с концентрацией 6 моль/л. В результате взаимодействия **B** с гидроксидом натрия образовалось вещество **Г**.

- 1. Определите формулы веществ **A**, **B**, **B**, **Г**. Приведите структурную формулу соединения **B**. Чему равна степень окисления фосфора в **B**? Исходя из строения **B**, объясните образование **Г**. Назовите **B** и **Г**.*
- 2. Определите массовые доли веществ в растворе, полученном при гидролизе **B**.*
- 3. Напишите уравнения всех протекающих реакций*

Задача №9-5

Твердые растворы – однородные кристаллические фазы переменного состава, образующиеся в многокомпонентных системах. Твердыми растворами являются многие металлические сплавы, минералы, стекла, полупроводники. Если компоненты системы неограниченно растворимы друг в друге, они образуют непрерывный ряд твердых растворов, однако, чаще всего концентрация растворенного вещества не может превышать некоторое предельное значение, и существование твердого раствора ограничено некоторыми областями составов.

Известно, что две неорганические соли **A** и **B** образуют твердый раствор, окрашивающий пламя горелки в фиолетовый цвет. При обработке 10 г образца твердого раствора избытком концентрированной серной кислоты при умеренном нагревании были получены простое вещество **W** и газ **X** с объемом 2682,96 мл (при н.у.) и $\varphi(\text{SO}_2) = 5,11\%$. Газ

поглотили водой и добавили к полученному раствору достаточное количество нитрата серебра, при этом образовалось 16,3867 г осадка **У**.

1. Определите качественный и количественный состав твердого раствора. Приведите необходимые расчеты и составьте уравнения всех протекающих реакций. Определите состав всех веществ, обозначенных буквами.

2. Вычислите теплоту образования твердого раствора, если теплота растворения 2 г твердого раствора в 100 мл воды равна 460 Дж, а теплота растворения 2 г механической смеси **А** и **Б** в том же соотношении, что и в твердом растворе, в том же количестве воды равна 471 Дж.

1.2.2. Задания 10 класса

Задача №10-1

Алюмосиликаты, как один из самых распространенных классов минералов, отличаются огромным разнообразием, но среди них хотелось бы отметить одного особенно прекрасного представителя, который получил свое название за характерную голубовато-зеленую окраску (с лат. морская вода) – аквамарин.

1. Вспомните, растворы солей какого металла имеют голубую окраску. Назовите два основных карбоната этого металла, встречающиеся в природе, и приведите их формулы.

Этот минерал относится к драгоценным камням. Он прозрачен, цвет его проявляется неявно, а при длительном пребывании на Солнце камень и вовсе бледнеет.

Хотя камень не применяют в качестве руды, из него можно выделить довольно дорогой и редкий металл **Х**. Сделать это можно по следующей схеме:

А) Минерал обрабатывается концентрированной серной кислотой при нагревании. В раствор переходят алюминий и металл **Х**.

Б) К полученному раствору добавляют избыток раствора карбоната аммония, алюминий в виде нерастворимого соединения выпадает в осадок, а металл **Х** остается в растворе в виде комплексного соединения **У**.

В) Затем комплексное соединение разлагают соляной кислотой, из полученного раствора осаждают водным раствором аммиака металл **Х** и выделяют его в виде оксида. Последним этапом проводят магнийтермию.

2. Установите металл **Х**, формулы вещества **У** и неизвестного минерала, зная, что массовая доля **Х** в минерале равна 5,028% и что условно на одну формульную единицу оксида алюминия приходится шесть формульных единиц оксида кремния.

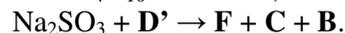
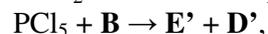
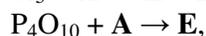
3. Напишите уравнения всех описанных реакций.

3. Какое название предлагалось для металла **Х**?

Подсказкой для ответа на последний вопрос Вам послужит биологически активная добавка – простейшая аминокислота, которую Вы, возможно, принимаете перед каждым экзаменом.

Задача №10-2

Вещества **А** и **В** представляют собой прозрачные бесцветные жидкости без вкуса и запаха. По физическим свойствам различия заключаются в температурах кипения и плавления (вещество **В**: $T_{пл}=3,8^{\circ}\text{C}$, $T_{кип}=101,4^{\circ}\text{C}$), кроме того вещество **В** более вязкое. С химической точки зрения свойства их похожи. В промышленности вещество **В** получают как побочный продукт после электролиза вещества **А**.



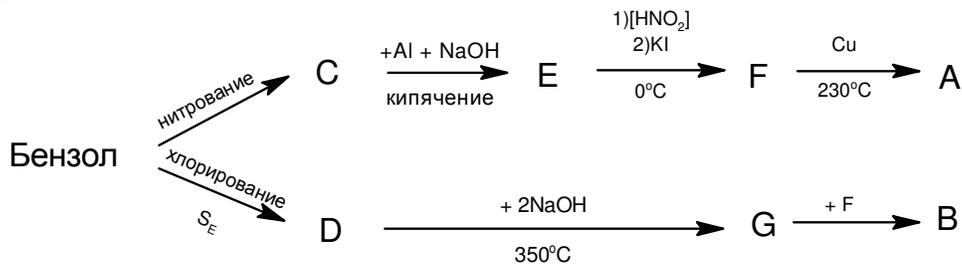
1. Определите вещества **А** и **В**, если известно, что в своем составе они содержат по 8 и 10 нейтронов соответственно.

2. Напишите реакции и определите вещества **C** – **F**, **D'** и **E'**.
3. Какие растворители применяют при получении спектров ЯМР? В чем заключается их особенность?

Задача №10-3

Температуры плавления чистых веществ **A** и **B** составляют 69 и 27 °С соответственно. Однако если смешать эти соединения в соотношении 1:2,77, то получится смесь, которая плавится при температуре 12°С. Такую смесь, которая имеет температуру плавления наименьшую, чем любые другие составы, называют эвтектической.

Теплоноситель *DOWTHERM A* представляет собой эвтектическую смесь двух весьма стабильных органических соединений **A** и **B**. Эти вещества имеют очень близкие значения давления паров, поэтому их смесь работает как одно соединение. Химическая инертность этих веществ позволяет использовать *DOWTHERM A* как растворитель для высокотемпературных реакций (вплоть до 250°С). Вещества **A** и **B** можно получить по следующей схеме:

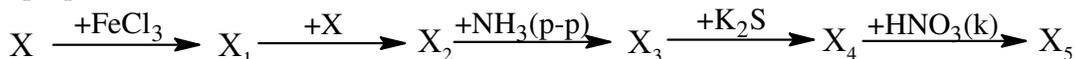


1. Напишите уравнения реакций получения веществ **A** и **B**.
2. Назовите вещества **A** и **B**, составляющие *DOWTHERM A*.

Задача №10-4

Данила Мастер был совершенно предан веществу **A**, он нес своим мастерством структуру и красоту вещества (камня) **A** простому человеку.

1. О каком веществе (**A**) идет речь, если известно, что оно состоит из углерода (массовая доля 5,4054%), водорода (массовая доля 0,9%), кислорода (массовая доля 36,036%) и некоторого элемента **X**. Масса формульной единицы этого вещества $36,877 \cdot 10^{-23}$ г. Каково химическое название этого вещества?
2. Напишите уравнения реакций, соответствующие следующей последовательности превращений **X**:



Смесь газов, выделившихся при обработке смеси порошков **X** и вещества **A** избытком разбавленной азотной кислотой, пропустили через 5%-ный раствор едкого натра (пл. 1.05 г/мл), при этом один из газов прореагировал с 137 мл этого раствора до образования кислой соли. Объем непоглощенного щелочью газа составил 268,8 мл (н.у.).

3. Вычислите состав исходной смеси в процентах по массе.

Одно из примечательных свойств вещества **A** – это то, что при нагревании это вещество становится почти черным, поэтому украшения с этим камнем следует беречь от воздействия высоких температур.

4. Объясните почему изделия из камня **A** чернеют. Напишите уравнение химической реакции.

Задача №10-5

Важным этапом в производстве серной кислоты является каталитическое окисление диоксида серы:



1. Рассчитайте тепловой эффект этой реакции, используя стандартные теплоты образования веществ.
2. На основании принципа Ле-Шателье предложите оптимальные условия для осуществления данного технологического процесса в контактном аппарате.
3. Объясните, руководствуясь вашими знаниями о кинетике, почему реакцию проводят при температурах порядка 400 – 500°C.

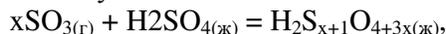
Данный промышленный процесс является каталитическим, при этом одним из самых эффективных и распространенных катализаторов является оксид ванадия (V).

4. Предложите механизм окисления в присутствии этого катализатора.

Известно, что при понижении температуры реакционной смеси активность катализатора падает за счет образования сульфата ванадила (IV).

5. Напишите уравнение реакции образования сульфата ванадила в реакционной смеси.

На следующей стадии образующийся серный ангидрид поглощают концентрированной серной кислотой с образованием олеума:



который разливают по цистернам и отправляют железнодорожными составами к потребителю.

6. Почему серный ангидрид поглощают именно готовой кислотой, а не водой? Какими рисками это связано? Оцените, до какой температуры могла бы разогреться смесь в противном случае, используя справочные данные.

При расчетах примите, что удельная теплоемкость смеси равна 4200 Дж/(кг×К), масса реакционной смеси равна 570 кг, объем поглощаемого оксида серы (VI) равен 30000 л (н.у.), а начальная температура смеси 25°C.

Справочные данные:

Вещество	Q _{обр} , кДж/моль	Вещество	Q _{обр} , кДж/моль
SO _{2(газ)}	296.9	H ₂ O _(ж)	285.84
O _{2(газ)}	0	H ₂ SO _{4(р-р)}	907.51
SO _{3(газ)}	395.2		

1.2.3. Задания 11 класса

Задача №11-1

После озонлиза 1,38 г углеводорода состава C₁₀H₁₈ и разложения озонида водой в присутствии цинка получена смесь органических продуктов. При обработке этой смеси избытком аммиачного раствора гидроксида серебра выделилось 6,48 г металлического серебра, причем один из продуктов озонлиза в реакцию с реактивом Толленса не вступил.

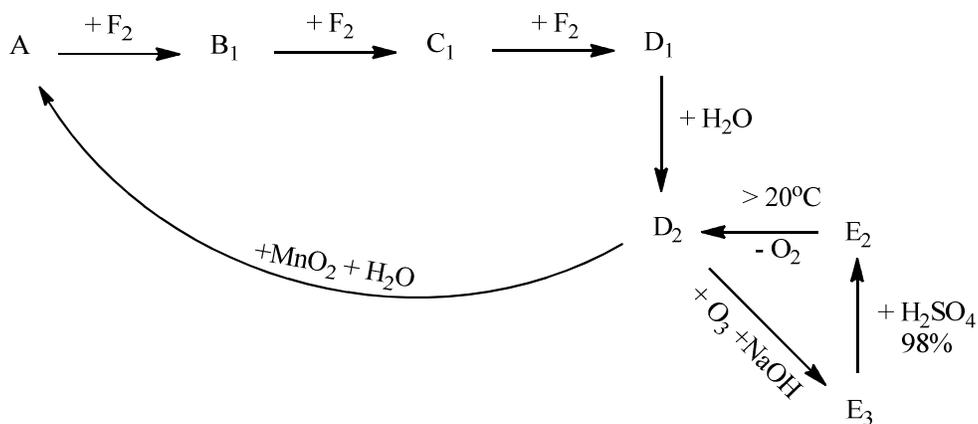
Для установления структуры не вступившего в реакцию с реактивом Толленса продукта, его обработали избытком метилмагнийбромида с последующим гидролизом и нагреванием с оксидом алюминия, что привело к образованию 2,5-диметилгекса-2,4-диена.

1. Приведите все возможные варианты структуры исходного углеводорода.
2. Определите структурные формулы продуктов озонлиза.
3. Приведите схему реакции озонлиза и уравнения остальных описанных реакций.

Задача №11-2

В 300 г воды растворили 88,8 г гексагидрата нитрата меди(II) и 34 г нитрата серебра. Через полученный раствор пропустили ток силой 10 А в течение 45 минут. Известно, что для этого использовали угольные электроды, а масса катода увеличилась на 24,15 г. Выход по току равен 100%.

1. Какие вещества и в каком количестве (г) выделятся на электродах?
2. Рассчитайте массовые доли веществ в растворе после проведения электролиза и объем выделившегося газа при 760 мм рт.ст. и 30С.
3. В течение какого промежутка времени нужно пропускать ток силой 3А через исходный раствор, чтобы выделить на электроде только один металл?



В данной схеме:

1. Элемент *A* принимает четные степени окисления, увеличивающиеся от *A* к *E*.
2. Вещества, обозначенные одинаковыми буквами, имеют одинаковую степень окисления элемента *A*.
3. Вещества, имеющие одинаковый индекс, схожи по качественному составу.
 1. Определите формулы веществ *A* – *E*, если известно, что вещество *E*₃ представляет собой соль, образованную ионами щелочного металла, элементом *A* и кислородом, где $\omega(O) = 30.09\%$, а $M_{\text{соли}} = 319$ г/моль.
 2. Напишите уравнения химических реакций, представленных в цепочке.
 3. Какое название более уместно для данной группы элементов? Вспомните и напишите возможные варианты применения этих элементов.

1.3. Задания Экспериментального тура

1.3.1. Задание 9 класса

Для обнаружения отдельных ионов и разделения солей в аналитической химии используют различные реакции образования и растворения осадков при действии различных реагентов.

Вам выданы два комплекта пробирок:

Комплект 1, обозначенных **A**, **B**, **B**, и содержащих растворы нитрата алюминия, нитрата свинца и хлороводородной кислоты.

Комплект 2, обозначенных номерами **1** – **6**, и содержащих растворы хлорида, иодида, сульфата, карбоната, сульфида и гидроксида натрия.

1. Не используя других реактивов, определите соответствие между обозначениями пробирок и растворами веществами, которые в них находятся.
2. Напишите уравнения всех химических реакций между веществами первого и второго комплекта, которые сопровождаются визуальными изменениями.

Оборудование: водяная баня, штатив с пробирками.

1.3.2. Задание 10 класса

Для обнаружения отдельных ионов и разделения смесей в аналитической химии используют различные реакции образования и растворения осадков при действии различных реагентов.

Вам выданы два комплекта пробирок:

Комплект 1, обозначенных **A**, **B**, **B**, и содержащих растворы нитрата цинка, нитрата свинца и серной кислоты.

Комплект 2, обозначенных номерами **1** – **8**, и содержащих растворы хлорида, иодида, сульфата, карбоната, сульфида, гидроксида, фосфата и силиката натрия.

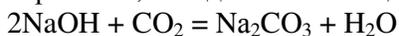
1. Не используя других реактивов, определите соответствие между обозначениями пробирок и растворами веществами, которые в них находятся.
2. Напишите уравнения всех химических реакций между веществами первого и второго комплекта, которые сопровождаются визуальными изменениями.

Оборудование: водяная баня, штатив с пробирками.

1.2.3. Задание 11 класса

Ацидометрическое титрование является широко используемым методом количественного определения сильных и слабых оснований, а также солей, образованных слабыми кислотами.

Известно, что при хранении растворов гидроксида натрия происходит образование карбоната, вследствие взаимодействия с углекислым газом воздуха:



Для определения содержания гидроксида и карбоната натрия в их смесях используют следующий метод.

Определение суммы карбоната и гидроксида натрия

Пипеткой отбирают 10 мл исследуемого раствора и переносят в коническую колбу, разбавляют дистиллированной водой до объема ~ 50 мл, добавляют 2–3 капли раствора метилового красного и титруют раствором HCl до перехода окраски из желтой в красную. Титрование повторяют до получения двух результатов, отличающихся на 0,1 мл.

Определение содержания гидроксида натрия

Пипеткой отбирают 10 мл анализируемого раствора, переносят в коническую колбу, разбавляют дистиллированной водой до объема ~ 50 мл, приливают 5 мл 10% раствора хлорида бария, 2–3 капли раствора фенолфталеина, тщательно перемешивают и титруют раствором HCl до обесцвечивания раствора. Титрование повторяют до получения 2х результатов, отличающихся на 0,1 мл.

1. Выведите формулы для расчета концентрации (в г/л) гидроксида натрия и карбоната натрия по результатам титрования.

2. С помощью описанного метода, используя имеющееся на столе оборудование, определите содержание гидроксида и карбоната натрия в выданном Вам растворе. **Перед определением не забудьте довести раствор в мерной колбе до метки!**

Реактивы: 0,1 моль/л HCl, 5% BaCl₂, метиловый красный, фенолфталеин

Оборудование: колба мерная на 100 мл, пипетка на 10 мл, конические колбы для титрования, бюретка, воронка, стаканчик на 50 мл.

2. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ЗАДАНИЙ ВТОРОГО (ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОГО) ЭТАПА

2.1. Критерии оценивания заданий Отборочного теоретического тура

2.1.1. Задания 9 класса

Задача №9-1

А – S (сера)

Д – H₂S (сероводород)

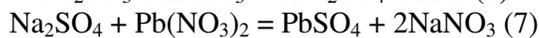
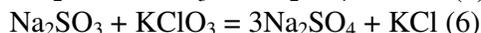
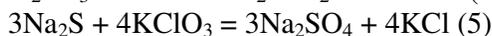
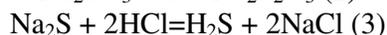
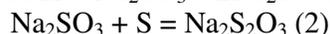
Б – Na₂S (сульфид натрия)

Е – SO₂ (оксид серы (IV))

В – Na₂SO₃ (сульфит натрия)

Ж – Na₂SO₄ (сульфат натрия)

Г – Na₂S₂O₃ (тиосульфат натрия)



Исходя из данных, можно сделать вывод, что индийская селитра – KNO₃, древесный уголь – С, а соединение А – S. Взрывчатое вещество носит название черный или дымный порох. Реакция горения:



В отличие от воды, молекулы сероводорода не образуют между собой водородных связей, так как атом серы менее электроотрицателен, чем атом кислорода, и имеет больший размер. Поэтому сера имеет более низкую плотность заряда ядра, чем кислород. Отсутствие водородных связей является главной причиной низкой температуры кипения и плохой растворимости в воде сероводорода.

Разбалловка

Определение веществ А–Ж	7x0,5б. = 3,5 б.
Написание уравнений реакций (1)–(8)	8x0,5б. = 4 б.
Указание названия «дымный порох» или «черный порох»	0,5 б.
За указание различий между сероводородом и водой	2 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №9-2

1. Квасцы – двойные соли, кристаллогидраты сульфатов трёх- и одновалентных металлов общей формулы M⁺M³⁺(SO₄)₂·12H₂O, где M⁺ – обычно катион щелочного металла (кроме лития) или катион аммония, а M³⁺ – один из катионов трёхвалентных металлов: алюминия, железа или хрома. В качестве примера можно привести алюмокалиевые квасцы – KAl(SO₄)₂·12H₂O, хромокалиевые квасцы – KCr(SO₄)₂·12H₂O, железоаммонийный квасцы – FeNH₄(SO₄)₂·12H₂O и др.

2. Поскольку при получении квасцов Леночка чувствовала запах свежих яблок, что указывает на образование уксусного альдегида, то можно сделать вывод, что в ходе реакции происходит окисление этанола по уравнению:



$$n(\text{квасцов}) = m/M = 56,5 / 499 = 0,113 \text{ моль}$$

По уравнению реакции (1):

$$n(H_2SO_4) = 2n(\text{квасцов}) = 0,226 \text{ моль}$$

$$n(\text{спирта}) = 1,5n(\text{квасцов}) = 0,1695 \text{ моль}$$

С учетом требуемого по методике избытка:

$$V(p\text{-ра } H_2SO_4) = 1,2 \cdot n \cdot M / w \cdot \rho = 1,2 \cdot 0,226 \cdot 98 / 0,6 \cdot 1,5 = 29,5 \text{ мл}$$

$$V(\text{спирта}) = 1,5 \cdot 0,1695 \cdot 46 / 0,96 \cdot 0,8 = 15,23 \text{ мл}$$

3. Рассчитаем массовые доли сульфатов калия и хрома (III) в квасцах. Для расчета формулу квасцов удобнее представить в виде $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$ ($M = 998 \text{ г/моль}$).

$$w(\text{K}_2\text{SO}_4) = 174 / 998 = 0,1743 (17,43\%)$$

$$w(\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3) = 392 / 998 = 0,3928 (39,28\%)$$

Масса приготовленного насыщенного раствора:

$$m(\text{р-ра}) = 200 + 56,5 = 256,5 \text{ г}$$

$$w(\text{K}_2\text{SO}_4) = 56,5 \cdot 0,1743 / 256,5 = 0,0384 (3,84\%)$$

$$w(\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3) = 56,5 \cdot 0,3928 / 256,5 = 0,0865 (8,65\%)$$

4. Массовая доля безводной соли $\text{KCr}(\text{SO}_4)_2$ в квасцах составляет $283 / 499 = 0,567 (56,7\%)$. С учетом этого в растворе изначально содержалось $0,567 \cdot 56,5 = 32 \text{ г}$ безводной соли.

Пусть масса выросшего кристалла квасцов составила $x \text{ г}$, тогда можно записать уравнение:

$$(32 - 0,567x) / (256,5 - x) = 0,111$$

$$x = 7,74 \text{ г}$$

5. При взаимодействии кристалла квасцов со щелочным раствором перекиси водорода происходит окислительно-восстановительная реакция с образованием хромата калия:



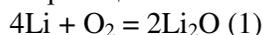
Таким образом, кристалл растворится, а получится желтый раствор.

Разбалловка

Определение квасцов	1 б.
Примеры квасцов (не менее 2х)	1 б.
Уравнение реакций (1) и (2)	2х1 б. = 2 б.
Расчет объемов кислоты и спирта	2х1 б. = 2 б.
Расчет массовых долей солей в насыщенном растворе	2х1 б. = 2 б.
Расчет массы кристалла	2 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №9-3

Простые газообразные вещества, которые могут находиться в баллонах – водород, кислород, озон, азот, фтор, хлор. Легким щелочным металлом **X** может быть литий, который может реагировать со всеми из перечисленных газов с образованием бинарных соединений. При взаимодействии с кислородом литий образует оксид Li_2O , в котором массовая доля лития составляет $2 \cdot 7 / 30 = 0,4667 (46,67\%)$, что соответствует веществу **A**. Следовательно, в баллоне №1 был кислород, и протекала реакция:



По закону сохранения массы:

$$m(\text{O}_2) = 4,5 - 2,1 = 2,4 \text{ г}$$

$$n(\text{O}_2) = 2,4 / 32 = 0,075 \text{ моль,}$$

тогда по уравнению реакции: $n(\text{Li}) = 4n(\text{O}_2) = 0,3 \text{ моль}$

$$m(\text{Li}) = 0,3 \cdot 7 = 2,1 \text{ г,}$$

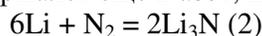
что соответствует условию задачи, т.е. металл **X** – литий.

Наряду с оксидом лития в баллоне №2 образовалось еще вещество **B**, состав которого можно записать в виде Li_nX . Тогда

$$w(\text{Li}) = 7n / (7n + x) = 0,6,$$

$$x = 4,67n.$$

При $n=3$ получаем $x = 14$, что соответствует азоту, тогда вещество **B** – нитрид лития Li_3N , а в баллоне №2 помимо кислорода содержался еще и азот, и протекала реакция:



Таким образом, можно сделать вывод, что в баллоне №2, скорее всего, был воздух.

Молярная масса жидкости **B**, которая сконденсировалась в баллоне №3:

$$M = 0,8036 \cdot 22,4 = 18 \text{ г/моль,}$$

что соответствует воде H_2O .

Тогда в баллоне №3 был водород, который восстановил оксид металла **Y** до чистого металла. По цвету металла и его оксида нетрудно догадаться, что речь идет о меди, а оксид **Y** – CuO . Подтвердим расчетом. В оксиде $w(\text{O}) = 16 / 80 = 0,2$ (20%), что соответствует условию. В баллоне №3 протекала реакция:

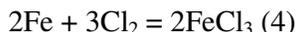


В реакции образовалось $n(\text{Cu}) = n(\text{CuO}) = 4 / 80 = 0,05$ моль

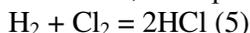
$$m(\text{Cu}) = 0,05 \cdot 64 = 3,2 \text{ г, } \Delta m = 4 - 3,2 = 0,8 \text{ г,}$$

что также соответствует условию.

В баллоне №4 образовалось бинарное соединение железа Fe_xX_y . При $x = 1$ молярная масса вещества **Г** составит $56 / 0,3446 = 162,5$ г/моль. Дробная молярная масса указывает на наличие хлора и соответствует хлориду железа (III) FeCl_3 . Следовательно, в баллоне №4 был хлор, и протекала реакция:



Если прореагируют газы из баллонов №3 и №4, то образуется хлороводород:

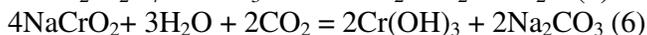
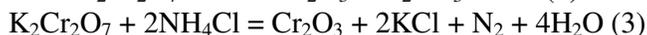
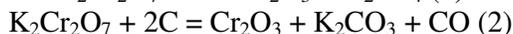


Разбалловка

Определение содержимого баллонов №1, №3 и №4 (подтвержденные расчетами и рассуждениями)	3x1 б. = 3 б.
Определение содержимого баллона №2 (подтвержденные расчетами и рассуждениями)	1,5 б.
Определение формул веществ X , Y , A–Г	6x0,5 б. = 3 б.
Написание уравнений реакций (1)–(5)	5x0,5 б. = 2,5 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №9-4

Использование оксида хрома (III) для шлифования и полирования различных поверхностей обусловлено его абразивностью вследствие высокой твердости. Шлифовальная способность и сорт пасты ГОИ в первую очередь определяется степенью дисперсности оксида хрома (III).



Разбалловка

Ответы на вопросы 1 и 2	2x0,5 б. = 1 б.
Написание уравнений реакций (1) – (9)	9x1 б. = 9 б.
ИТОГО	10 б.

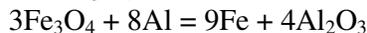
Задача №9-5

Приняв общую формулу оксидов железа за Fe_aO_b определим, какой из оксидов был взят для исследования:

$$a : b = 72,41 / 56 : 27,59 / 16 = 1,29 : 1,72 = 3 : 4$$

Для исследования был взят оксид железа (II, III) – Fe_3O_4 .

Запишем уравнение взаимодействия Fe_3O_4 с алюминием:



Вычислим количество выделившейся теплоты:

$$Q = cm\Delta T$$

$$Q = 4,18 \cdot 3,5 \cdot 19 = 277,97 \text{ кДж}$$

$$n(\text{Fe}_3\text{O}_4) = 58 / 232 = 0,25 \text{ моль}$$

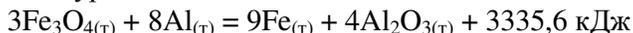
Согласно уравнению реакции:

при восстановлении 0,25 моль Fe_3O_4 выделяется 277,97 кДж

при восстановлении 3 моль Fe_3O_4 выделяется X кДж

$$X = 3 \cdot 277,97 / 0,25 = 3335,6 \text{ кДж}$$

Запишем термохимическое уравнение:



Вычислим теплоту образования Fe_3O_4 :

$$Q_p = 4Q_{\text{обр}}(\text{Al}_2\text{O}_3) - 3Q_{\text{обр}}(\text{Fe}_3\text{O}_4)$$

$$3335,6 = 4 \cdot 1670 - 3Q_{\text{обр}}(\text{Fe}_3\text{O}_4)$$

$$Q_{\text{обр}}(\text{Fe}_3\text{O}_4) = (4 \cdot 1670 - 3335,6) / 3 = 1114,8 \text{ кДж/моль}$$

Разбалловка

Определение формулы оксида железа	1 б.
Вычисление теплоты, выделяющейся в результате реакции	3 б.
Расчет теплового эффекта реакции	2 б.
Запись термохимического уравнения	1 б.
Расчет теплоты образования Fe_3O_4	3 б.
ИТОГО	10 б.

2.1.2. Задания 10 класса

Задача №10-1

Очевидно, что реакция взаимодействия **A** с кислородом приводит к образованию оксида общей формулой A_2O_n , где n – валентность элемента **A**.

$$w(\text{O}) = 16n / (2M + 16n) = 0,2883,$$

где M – молярная масса элемента **A**.

$$16n = 0,577M + 4,613n, M = 19,74n$$

При n = 1, M = 19,74, близко к фтору, но он не имеет степень окисления +1;

При n = 2, M = 39,48, калий – металл;

При n = 3, M = 59,22, , близко к кобальту – металл;

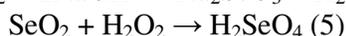
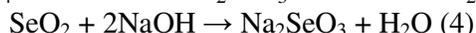
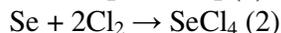
При n = 4, M = 78,96, селен, удовлетворяет условиям;

При n = 5, M = 98,70, технеций – металл;

При n = 6, M = 118,44, олово – металл.

Соответственно элемент **A** – это селен.

A	Se	D	Na_2SeO_3
B	SeO_2	E	H_2SeO_4 ;
C	SeCl_4	F	$\text{Au}_2(\text{SeO}_4)_3$



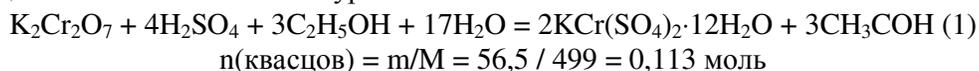
Разбалловка

Определение вещества A (без обоснования – 1 б.)	2 б.
Определение веществ B – F	$5 \times 0,56 = 2,5 \text{ б.}$
Написание уравнений реакций (1), (2), (5)	$3 \times 0,56 = 1,5 \text{ б.}$
(3), (4), (6), (7)	$4 \times 16 = 4 \text{ б.}$
ИТОГО	10 б.

Задача №10-2

1. Квасцы – двойные соли, кристаллогидраты сульфатов трёх- и одновалентных металлов общей формулы $M^+M^{3+}(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$, где M^+ – обычно катион щелочного металла (кроме лития) или катион аммония, а M^{3+} – один из катионов трёхвалентных металлов: алюминия, железа или хрома. В качестве примера можно привести алюмокалиевые квасцы – $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$, хромокалиевые квасцы – $KCr(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$, железоаммонийный квасцы – $FeNH_4(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ и др.

2. Поскольку при получении квасцов Леночка чувствовала запах свежих яблок, что указывает на образование уксусного альдегида, то можно сделать вывод, что в ходе реакции происходит окисление этанола по уравнению:



По уравнению реакции (1):

$$n(H_2SO_4) = 2n(\text{квасцов}) = 0,226 \text{ моль}$$

$$n(\text{спирта}) = 1,5n(\text{квасцов}) = 0,1695 \text{ моль}$$

С учетом требуемого по методике избытка:

$$V(\text{р-ра } H_2SO_4) = 1,2 \cdot n \cdot M / w \cdot \rho = 1,2 \cdot 0,226 \cdot 98 / 0,6 \cdot 1,5 = 29,5 \text{ мл}$$

$$V(\text{спирта}) = 1,5 \cdot 0,1695 \cdot 46 / 0,96 \cdot 0,8 = 15,23 \text{ мл}$$

3. Рассчитаем массовые доли сульфатов калия и хрома (III) в квасцах. Для расчета формулу квасцов удобнее представить в виде $K_2SO_4 \cdot Cr_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O$ ($M = 998 \text{ г/моль}$).

$$w(K_2SO_4) = 174 / 998 = 0,1743 \text{ (17,43\%)}$$

$$w(Cr_2(SO_4)_3) = 392 / 998 = 0,3928 \text{ (39,28\%)}$$

Масса приготовленного насыщенного раствора:

$$m(\text{р-ра}) = 200 + 56,5 = 256,5 \text{ г}$$

$$w(K_2SO_4) = 56,5 \cdot 0,1743 / 256,5 = 0,0384 \text{ (3,84\%)}$$

$$w(Cr_2(SO_4)_3) = 56,5 \cdot 0,3928 / 256,5 = 0,0865 \text{ (8,65\%)}$$

4. Массовая доля безводной соли $KCr(SO_4)_2$ в квасцах составляет $283 / 499 = 0,567$ (56,7%). С учетом этого в растворе изначально содержалось $0,567 \cdot 56,5 = 32 \text{ г}$ безводной соли.

Пусть масса выросшего кристалла квасцов составила $x \text{ г}$, тогда можно записать уравнение:

$$(32 - 0,567x) / (256,5 - x) = 0,111$$

$$x = 7,74 \text{ г}$$

5. При взаимодействии кристалла квасцов со щелочным раствором перекиси водорода происходит окислительно-восстановительная реакция с образованием хромата калия:



Таким образом, кристалл растворится, а получится желтый раствор.

Разбалловка

Определение квасцов	1 б.
Примеры квасцов (не менее 2х)	1 б.
Уравнение реакций (1) и (2)	2х1 б. = 2 б.
Расчет объемов кислоты и спирта	2х1 б. = 2 б.
Расчет массовых долей солей в насыщенном растворе	2х1 б. = 2 б.
Расчет массы кристалла	2 б.
ИТОГО	10 б.

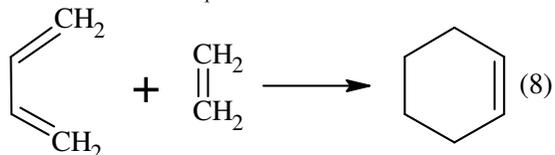
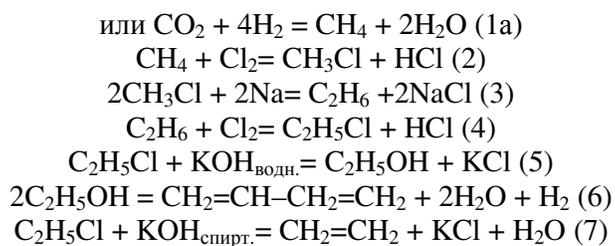
Задача №10-3

Вычислим молярную массу углеводорода А:

$$M(A) = (13,621 \cdot 10^{-23} \text{ г}) \cdot (6,02 \cdot 10^{23}) = 82 \text{ г/моль}$$

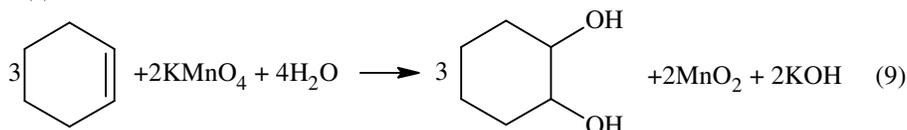
Запишем уравнения получения А, согласно представленной схеме:



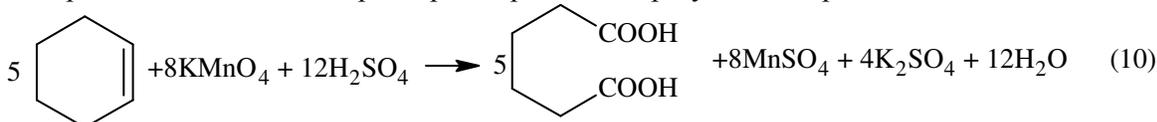


Реакция (8) – это реакция Дильса-Альдера или реакция циклоприсоединения

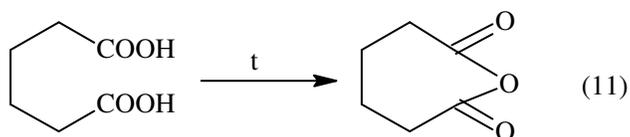
Окисление алкенов и циклоалкенов перманганатом калия в нейтральной среде приводит к образованию диолов:



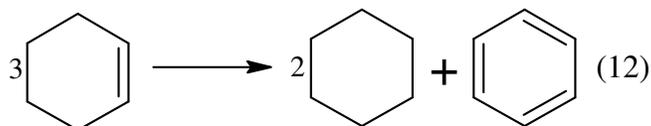
Окисление в кислой среде сопровождается разрывом двойных связей и образованием дикарбоновых кислот, которые при нагревании образуют ангидриды:



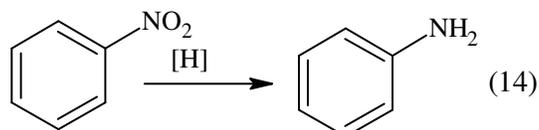
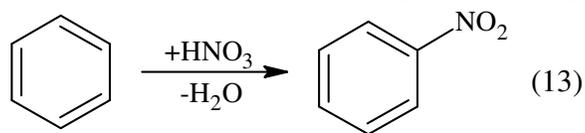
Гександиовая кислота используется в синтезе полигексаметиленадипинамида (полиамидного волокна).



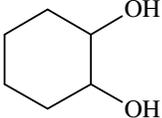
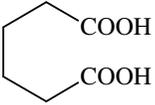
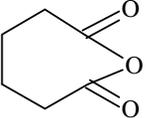
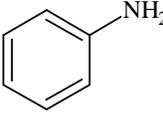
Диспропорционирование циклогексена на палладиевом катализаторе приводит к образованию циклогексана (Д) и бензола (Е):



Нитрование и последующее восстановление бензола приводит к образованию анилина:



X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
Al ₄ C ₃	CH ₃ Cl	C ₂ H ₆	C ₂ H ₅ Cl	C ₂ H ₅ OH	CH ₂ =CH- CH ₂ =CH ₂	CH ₂ =CH ₂

А	Б	В	Г	Д	Е	Ж
						

Разбалловка

Структурная формула вещества А	1 б.
Структурные формулы веществ X ₁ – X ₇	7x0,25 б. = 1,75 б.
Структурные формулы веществ Б – Ж	6x0,5 б. = 3 б.
Написание уравнений реакций (1) – (8), (11) – (14)	12x0,25б. = 3,0 б.
Написание уравнений (9) и (10)	2x0,5 б. = 1 б.
Ответ «реакция Дильса-Альдера» или «циклоприсоединения»	0,25 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №10-4

При одновременном присутствии угарного газа и хлора образуется фосген. Найдем равновесные концентрации всех компонентов реакции при нормальных условиях

$$[\text{Cl}_2] = 0,5 \text{ мг/м}^3 = 0,0005 \text{ мг/л} = 5 \cdot 10^{-7} \text{ г/л}$$

$$[\text{Cl}_2] = 5 \cdot 10^{-7} / 71 = 7,04 \cdot 10^{-9} \text{ моль/л}$$

$$[\text{CO}] = 0,1 \text{ мг/л} = 1 \cdot 10^{-4} \text{ г/л}$$

$$[\text{CO}] = 1 \cdot 10^{-4} / 28 = 3,57 \cdot 10^{-6} \text{ моль/л}$$

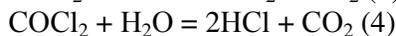
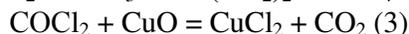
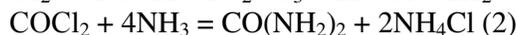
$$K_p = [\text{COCl}_2] / ([\text{CO}] \cdot [\text{Cl}_2])$$

$$K_p = X / (3,57 \cdot 10^{-6} \cdot 7,04 \cdot 10^{-9}) = 1$$

$$X = 2,51 \cdot 10^{-14} \text{ моль/л}$$

$$[\text{COCl}_2] = 2,51 \cdot 10^{-14} \cdot 99 = 2,49 \cdot 10^{-12} \text{ г/л} = 2,49 \cdot 10^{-9} \text{ мг/л}$$

Сравнивая значения ПДК равновесных концентраций угарного газа, хлора и фосгена приходим к выводу, что в помещении можно находиться длительное время.



При гидролизе фосгена образуется раствор хлороводородной и угольной кислоты. Считая, что диссоциация угольной кислоты подавлена в присутствии более сильной хлороводородной кислоты вычислим pH полученного раствора:

$$V(\text{p-ра}) = 10 \text{ м}^3 = 10000 \text{ л}$$

$$n(\text{COCl}_2) = 50 / 99 = 0,505 \text{ моль}$$

$$n(\text{HCl}) = 2n(\text{COCl}_2) = 2 \cdot 0,505 \text{ моль} = 1,01 \text{ моль}$$

$$[\text{H}^+] = 1,01 \text{ моль} / 10000 \text{ л} = 1,01 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л}$$

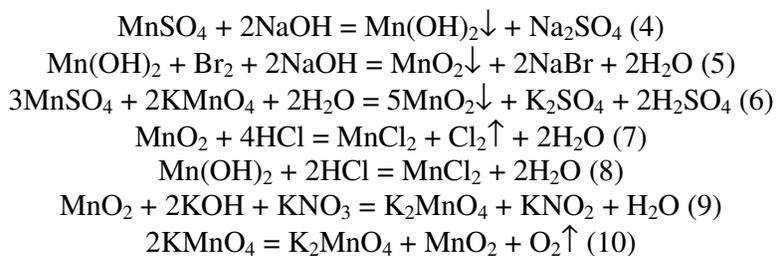
$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = 4$$

Разбалловка

Расчет равновесных концентраций (моль/л) CO и Cl ₂	2x0,5б. = 1 б.
Расчет равновесной концентрации (моль/л) COCl ₂	2 б.
Вывод о безопасности нахождения в помещении	1 б.
Написание уравнений (1)–(4)	4x1б. = 4 б.
Вычисление pH раствора после гидролиза	2 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №10-5





Разбалловка

Написание уравнений реакций (1)–(10)	10x1 б. = 10 б.
ИТОГО	10 б.

2.1.3. Задания 11 класса

Задача №11-1

- Исходя из свойств и греческого названия, можно предположить, что **X** – азот.
- Кислота, в которой азот находится в высшей степени окисления (мета-кислота) – азотная кислота (HNO_3).

Ортокислота, которая не была выделена в чистом виде, – ортоазотная кислота (H_3NO_4). В отличие от кислоты ортонитраты щелочных металлов выделены в чистом виде, например ортонитрат натрия Na_3NO_4 , который разлагается водой



- Определим формулу кислоты **Y**, если ее формулу можно представить как H_aN_b :

$$a : b = 2,3 / 1 : 96,7 / 14 = 2,3 : 6,9 = 1 : 3$$

Следовательно, **Y** – азидоводородная кислота (HN_3)

Азидом натрия заполняют подушки безопасности автомобиля. При срабатывании датчика удара, происходит инициирование разложения азидата натрия с выделением молекулярного азота:



Образующийся в результате реакции натрий поглощается соединениями кремния с образованием силиката натрия.

- Определим формулу вещества – компонента ракетных топлив. Примем, что вещество имеет брутто-формулу $\text{C}_k\text{H}_l\text{N}_m$:

$$k : l : m = 40,0 / 12 : 13,3 / 1 : 46,7 / 14 = 3,33 : 13,3 : 3,33 = 1 : 4 : 1$$

Простейшая формула CH_4N . Удвоение коэффициентов дает $\text{C}_2\text{H}_8\text{N}_2$ или $(\text{CH}_3)_2\text{N}-\text{NH}_2$ – 1,1-диметилгидразин.

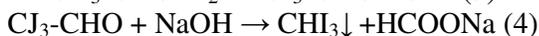
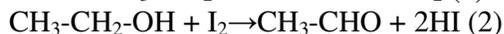
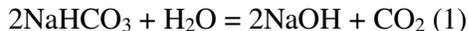
- Соли азотной кислоты – нитраты являются ценным макроудобрением и используются в сельском хозяйстве, что и доказывает несостоятельность названия «безжизненный».

Разбалловка

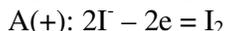
Определение элемента X	1 б.
Формулы и названия мета-кислоты и ортокислоты	2x1 б. = 2 б.
Уравнение реакции (1) и (2)	2x1 б. = 2 б.
Установление формулы Y и его название	2 б.
Определение формулы и названия 1,1-диметилгидразина	2 б.
За указание на применение нитратов в сельском хозяйстве	1 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №11-2

- Вещество **X** – это иодоформ (CHI_3)



2. При электролизе спиртового раствора иодида калия образуются гидроксид калия и молекулярный иод:



В полученной смеси, содержащей иод, гидроксид калия и спирт протекают реакции (2) – (4) с образованием иодоформа.

3. Указанная качественная реакция называется иодоформной пробой (или в более общем, галоформная проба) и используется для обнаружения метилкетонов, вторичных спиртов, способных образовывать метилкетоны при окислении), этаналь и этанол.

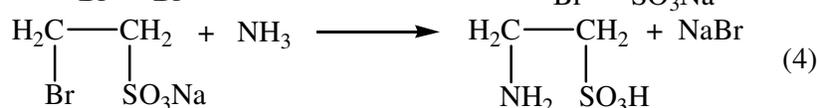
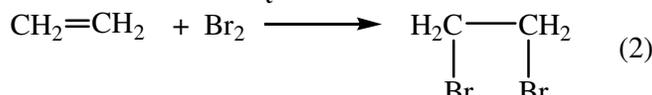
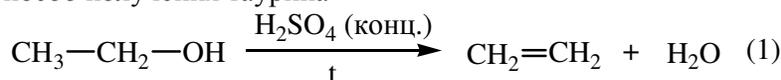
4. В качестве замены иодида калия можно использовать хлорид или бромид щелочного металла, поэтому реакцию называют галоформной пробой. При замене иодида на бромид или хлорид образуются жидкие при комнатной температуре бромформ или хлороформ.

Разбалловка

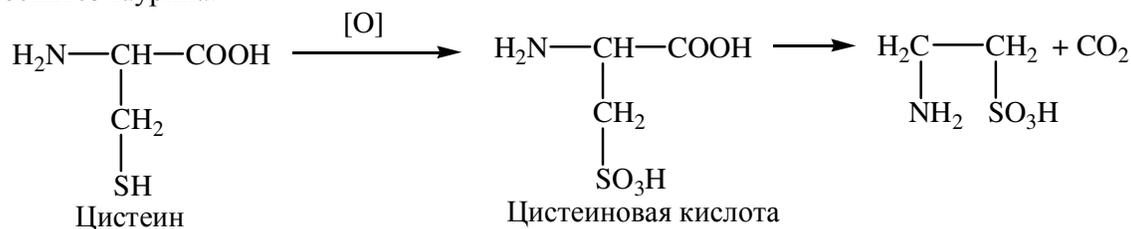
Определение вещества X	1 б.
Написание уравнений реакций (1) – (4)	4x1 б. = 4 б.
Описание процессов при электролизе KI и уравнение (5)	2 б.
За указание, что это галоформная (иодоформная) проба	1 б.
За указание веществ, которые могут быть обнаружены (не менее 2х веществ или классов)	1 б.
За объяснение возможности использования других галогенидов	1 б.
ИТОГО	10 б.

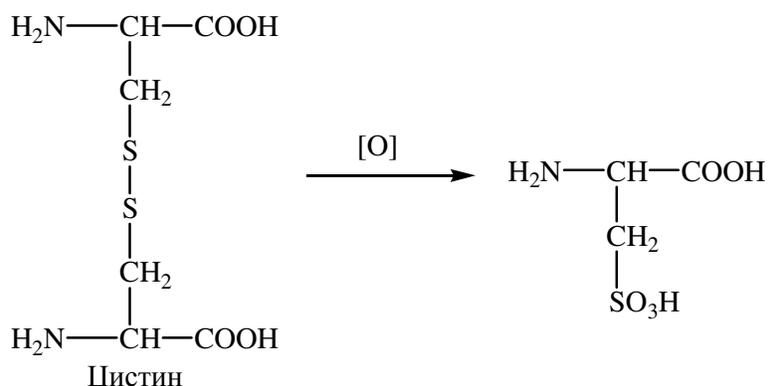
Задача №11-3

Лабораторный способ получения таурина

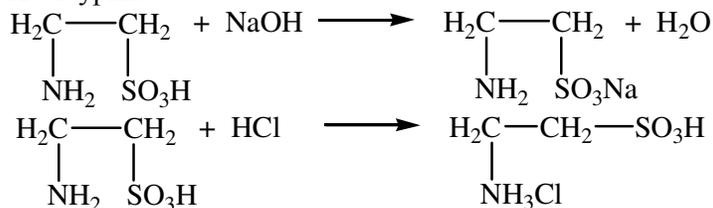


Биосинтез таурина:





Амфотерные свойства таурина:



В организме кошек не происходит биосинтез таурина, поэтому таурин должен поступать вместе с пищей.

Разбалловка

Написание уравнений реакций (1), (2)	1x1 б. = 2 б.
Написание уравнений реакций (3), (4)	2x2 б. = 4 б.
Уравнения биосинтеза таурина	2 б.
Уравнения, доказывающие амфотерность таурина	1 б.
Объяснение про незаменимость таурина для кошек	1 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №11-4

При одновременном присутствии угарного газа и хлора образуется фосген. Найдем равновесные концентрации всех компонентов реакции при нормальных условиях

$$[\text{Cl}_2] = 0,5 \text{ мг/м}^3 = 0,0005 \text{ мг/л} = 5 \cdot 10^{-7} \text{ г/л}$$

$$[\text{Cl}_2] = 5 \cdot 10^{-7} / 71 = 7,04 \cdot 10^{-9} \text{ моль/л}$$

$$[\text{CO}] = 0,1 \text{ мг/л} = 1 \cdot 10^{-4} \text{ г/л}$$

$$[\text{CO}] = 1 \cdot 10^{-4} / 28 = 3,57 \cdot 10^{-6} \text{ моль/л}$$

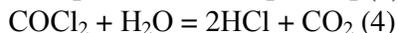
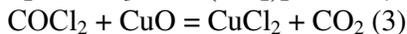
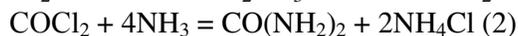
$$K_p = [\text{COCl}_2] / ([\text{CO}] \cdot [\text{Cl}_2])$$

$$K_p = X / (3,57 \cdot 10^{-6} \cdot 7,04 \cdot 10^{-9}) = 1$$

$$X = 2,51 \cdot 10^{-14} \text{ моль/л}$$

$$[\text{COCl}_2] = 2,51 \cdot 10^{-14} \cdot 99 = 2,49 \cdot 10^{-12} \text{ г/л} = 2,49 \cdot 10^{-9} \text{ мг/л}$$

Сравнивая значения ПДК равновесных концентраций угарного газа, хлора и фосгена приходим к выводу, что в помещении можно находиться длительное время.



При гидролизе фосгена образуется раствор хлороводородной и угольной кислоты. Считая, что диссоциация угольной кислоты подавлена в присутствии более сильной хлороводородной кислоты вычислим pH полученного раствора:

$$V(\text{p-ра}) = 10 \text{ м}^3 = 10000 \text{ л}$$

$$n(\text{COCl}_2) = 50 / 99 = 0,505 \text{ моль}$$

$$n(\text{HCl}) = 2n(\text{COCl}_2) = 2 \cdot 0,505 \text{ моль} = 1,01 \text{ моль}$$

$$[H^+] = 1,01 \text{ моль/10000 л} = 1,01 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л}$$

$$pH = -\lg[H^+] = 4$$

Разбалловка

Расчет равновесных концентраций (моль/л) CO и Cl ₂	2x0,5б. = 1 б.
Расчет равновесной концентрации (моль/л) COCl ₂	2 б.
Вывод о безопасности нахождения в помещении	1 б.
Написание уравнений (1)–(4)	4x1б. = 4 б.
Вычисление pH раствора после гидролиза	2 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №11-5

1. Приняв, что плотность оксида равна отношению массы вещества в элементарной ячейке (m) к объему элементарной ячейки (V_{эя}) получим:

$$\rho = \frac{m}{V_{эя}}$$

Так как мы имеем дело с кубической элементарной ячейкой, то $V_{эя} = a^3$

Массу вещества в одной элементарной ячейке найдем как произведение количества формульных единиц (Z) на массу одной формульной единицы, определив ее как отношение молярной массы металла (M) к числу Авогадро (то есть отношение массы 1 моля вещества к числу атомов металла в 1 моле):

$$m = Z \frac{M}{N_A}$$

$$\rho = \frac{ZM}{N_A a^3} \left[\frac{г / моль}{1 / моль \cdot см^3} = \frac{г}{см^3} \right]$$

$$M = \frac{\rho N_A a^3}{Z} = \frac{11 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \cdot (5,46 \cdot 10^{-8})^3}{4} = 269,47 \text{ г/моль}$$

Как видно из рисунка элементарная ячейка содержит 6 атомов урана, каждый из которых принадлежащих элементарной ячейке на 1/2 и 8 атомов урана, принадлежащих ячейке на 1/8, то есть $Z = 6 \cdot 1/2 + 8 \cdot 1/8 = 4$.

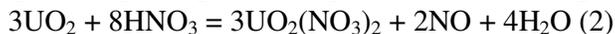
Исходя, из молярной массы оксида можем определить, что это оксид урана (IV) – UO₂.

2. Так как в структуре оксида урана (IV) атомов кислорода в два раза больше, чем атомов урана, то кислород занимает тетраэдрические пустоты.

3. Координационное число – это величина, равная числу ближайших частиц в молекуле или кристалле вещества. Согласно структуре UO₂ координационное число атома урана – 8, кислорода – 4.

4. Диоксид урана используется в качестве ядерного топлива, а также в качестве полупродукта для синтеза других соединений урана (например, фторидов урана).

5. Диоксид марганца в кислых средах является окислителем, восстанавливаясь до катиона Mn²⁺, а уран (IV) окисляется до урана (VI):



Разбалловка

Определение формулы оксида урана	3 б.
Указание на тип пустот (без объяснения – 0,5 б.)	1 б.
Определение координационных чисел урана и кислорода	2x1б. = 2 б.
Применение диоксида урана	1 б.
Написание уравнений реакций (1) и (2)	2x1,5 б. = 3 б.
ИТОГО	10 б.

2.2. Критерии оценивания заданий Теоретического тура

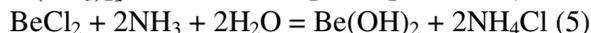
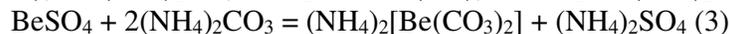
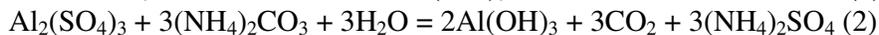
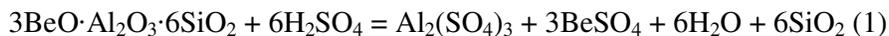
2.2.1. Задания 9 класса

Задача №9-1

Металл, соли которого имеют голубую окраску – медь. Медь образует два основных карбоната: $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ (или $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$) – дигидроксокарбонат меди (II), встречается в природе в виде минерала – малахит. и $2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ (или $\text{Cu}_3(\text{OH})_2\text{CO}_3$ – дигидроксодикарбонат меди (II), минерал азурит.

Металл X – это бериллий, Y – дикарбонатобериллат аммония $(\text{NH}_4)_2[\text{Be}(\text{CO}_3)_2]$.

Уравнения:



Из-за сладкого вкуса растворимых в воде соединений бериллия элемент вначале называли «глиций», аналогично простейшей аминокислоте – глицину.

Разбалловка

Формулы двух минералов и их название	2x1 = 2 б.
Указание на медь и ее соединения	1 б.
Определение металла X и формулы соединения Y	2x1 = 2 б.
Написание уравнений (1) - (3)	3x1 = 3 б.
Написание уравнений (4) – (7)	4x0,5 = 2 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №9-2

1) Расчет простейшей формулы исходного вещества $\text{Mn}_w\text{C}_x\text{O}_y\text{H}_z$:

$$w : x : y : z = \frac{\omega(\text{Mn})}{A(\text{Mn})} \div \frac{\omega(\text{C})}{A(\text{C})} \div \frac{\omega(\text{O})}{A(\text{O})} \div \frac{\omega(\text{H})}{A(\text{H})} =$$

$$= \frac{34,16}{55} \div \frac{14,91}{12} \div \frac{49,69}{16} \div \frac{1,24}{1} = 0,621 \div 1,243 \div 3,106 \div 1,24 = 1 \div 2 \div 5 \div 2. \quad (1 \text{ балл})$$

Простейшая формула исходного вещества $\text{MnC}_2\text{O}_5\text{H}_2$; (1 балл)

$$M(\text{MnC}_2\text{O}_5\text{H}_2) = 55 + 2 \cdot 12 + 5 \cdot 16 + 2 \cdot 1 = 161 \text{ г/моль}. \quad (1 \text{ балл})$$

2) Потеря массы исследуемого образца на 11,2 % в диапазоне температур 106,5 °C – 150°C происходит за счет удаления воды. Рассчитаем число молекул воды в составе молекулы исходного вещества

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{\omega(\text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{MnC}_2\text{O}_5\text{H}_2)}{M(\text{H}_2\text{O}) \cdot \omega(\text{MnC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O})} = \frac{11,2 \cdot 161}{18 \cdot 100} = 1 \text{ молекула}. \quad (1 \text{ балл})$$

Следовательно, исходное вещество $\text{MnC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (1 балл)

является моногидратом оксалата марганца (оксалатом марганца одноводным). (1 балл)

3) Разложение соли на первой стадии идёт по уравнению



Доля безводного оксалата марганца ($M(\text{MnC}_2\text{O}_4) = 143 \text{ г/моль}$) составляет 88,8 %.

4) На второй стадии при 340 – 430°C, снижение массы за счет выделения оксидов углерода образца составляет 44,7 %, а на долю остатка приходится 44,1 %. Рассчитаем молярную массу остатка

$$M(\text{ост}) = \frac{\omega(\text{ост}) \cdot M(\text{MnC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O})}{\omega(\text{MnC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O})} = \frac{44,1 \cdot 161}{100} = 71 \text{ г/моль}$$

$$\text{или}$$

$$M(\text{ост}) = \frac{\omega(\text{ост}) \cdot M(\text{MnC}_2\text{O}_4)}{\omega(\text{MnC}_2\text{O}_4)} = \frac{44,1 \cdot 143}{88,8} = 71 \text{ г/моль}. \quad (1 \text{ балл})$$

По значению молярной массы видно, что остатком является оксид марганца (II). (1 балл)
Следовательно, вторая стадия разложения описывается уравнением



Таким образом, термическая диссоциация моногидрата оксалата марганца завершается образованием *MnO* с молярной массой 71 г/моль.

Всего: 10 баллов.

Задача №9-3

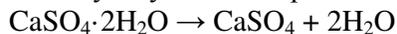
По условию задачи мел состоит из:

Карбоната кальция – CaCO_3 ;

Гипса – $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$;

Инертных примесей.

При нагревании до 250°C происходит улетучивание кристаллизационной воды:



$$\omega(\text{H}_2\text{O}) = \frac{M(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{гипса})} = \frac{2 \cdot 18}{40 + 32 + 4 \cdot 16 + 2 \cdot 18} = \frac{36}{172} = 0,2093\%$$

$$m(\text{гипса}) = m(\text{H}_2\text{O}) / \omega(\text{H}_2\text{O}) = 0,5233 / 0,2093 = 2,5 \text{ г}$$

При добавлении кислоты карбонат кальция вступает в реакцию:



а затем избыток кислоты реагирует с гидроксидом натрия при титровании:



$$n(\text{CaCO}_3) = 0,5n(\text{HCl}) = 0,5(n(\text{HCl}_{\text{исх}}) - n(\text{HCl}_{\text{титр}})) = 0,5(n(\text{HCl}_{\text{исх}}) - n(\text{NaOH})) =$$

$$= 0,5(C(\text{HCl}) \cdot V(\text{HCl}) - C(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH})) = 0,5(1,0000 \cdot 50,00 - 0,4825 \cdot 0,01036) = 0,0225 \text{ моль}$$

$$m(\text{CaCO}_3) = n(\text{CaCO}_3) \cdot M(\text{CaCO}_3) = 0,0225 \cdot 100 = 2,25 \text{ г}$$

$$m(\text{примесей}) = m(\text{навески}) - m(\text{CaCO}_3) - m(\text{гипса}) = 5,0000 - 2,2500 - 2,5000 = 0,25 \text{ г}$$

$$\omega(\text{CaCO}_3) = m(\text{CaCO}_3) / m(\text{навески}) = 2,25 / 5 = 0,45 \text{ (45\%)}$$

$$\omega(\text{гипса}) = m(\text{гипса}) / m(\text{навески}) = 2,5 / 5 = 0,50 \text{ (50\%)}$$

$$\omega(\text{примесей}) = m(\text{примесей}) / m(\text{навески}) = 0,25 / 5 = 0,05 \text{ (5\%)}$$

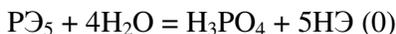
Разбалловка

Написание реакций 1 – 3	3x1,5 б. = 4,5 б.
Определение содержания карбоната кальция	2 б.
Определение содержания гипса	2 б.
	1,5 б.
<i>ИТОГО</i>	<i>10 б.</i>

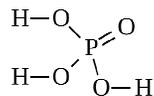
Задача №9-4

Немногие элементы склонны к образованию соединений, в которых степень окисления не совпадает с их валентностью. В числе таких элементов находятся азот, кислород, сера и фосфор. Рассмотрим последний вариант.

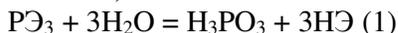
При гидролизе галогенидов фосфора (V) образуется галогенводородная кислота HЭ и ортофосфорная кислота H₃PO₄:



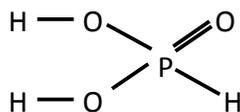
Но в фосфорной кислоте степень окисления и валентность совпадают:



При гидролизе галогенидов фосфора (III) образуется галогенводородная кислота HЭ и фосфористая кислота H₃PO₃ (соединение Б):



Фосфор образует множество кислот в различных степенях окисления, но, несмотря на это, во многих из них он проявляет валентность, равную пяти. Не является исключением и фосфористая кислота – степень окисления фосфора (+3) и валентность не совпадают. Структурная формула кислоты изображена ниже:



В молекуле фосфористой кислоты один из атомов водорода прочно связан с фосфором (как в молекуле аммиака, например). Два других атома водорода связаны с фосфором через кислород. Эти два атома (точнее - их ядра) связаны слабо, т.к. электронная плотность смещается к кислороду, поэтому они способны к замещению (точнее – к диссоциации). Именно поэтому нельзя получить трехзамещенную соль фосфористой кислоты – эта кислота является двухосновной. Более правильно формулу фосфористой кислоты записать в виде H₂[HPO₃].

Таким образом, реакция взаимодействия с гидроксидом натрия протекает следующим образом:



Вещество В – Na₂HPO₃, и правильное название его – фосфит натрия.

Определим формулу галогенида. Для этого, обозначим количество моль галогенида фосфора (III) за x, тогда по реакции 1 образуется x моль H₃PO₃ и 3x моль HЭ. На нейтрализацию фосфористой кислоты израсходуется 2x моль NaOH (уравнение 2).

Реакцию галогеноводородной кислоты с гидроксидом натрия можно следующим образом:



На нейтрализацию галогеноводородной кислоты израсходуется 3x моль NaOH (уравнение 3).

Таким образом, на полную нейтрализацию раствора израсходуется 5x моль щелочи.

Из условия задачи легко определить количество щелочи и вычислить x:

$$n(\text{NaOH}) = 0,09 \text{ л} \cdot 6 \text{ моль/л} = 0,54 \text{ моль.}$$

$$5x = 0,54,$$

$$x = 0,108 \text{ моль.}$$

Можно найти молярную массу галогенида фосфора. Из условия задачи известна его масса, а количество – вычислено.

$$M(PЭ_3) = 14,85 \text{ г} / 0,108 \text{ моль} = 137,5 \text{ г/моль}$$

$$M(PЭ_3) = 31 + A(Э) \cdot 3 = 137,5 \text{ г/моль,}$$

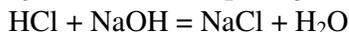
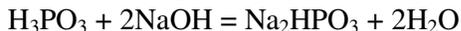
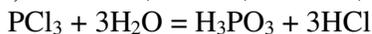
$$\text{отсюда } A(Э) = 35,5 - \text{это хлор, формула галогенида} - \text{PCl}_3.$$

Масса раствора 14,85 + 285,15 = 300 г.

$$m(H_3PO_3) = 0,108 \text{ моль} \cdot 82 \text{ г/моль} = 8,856 \text{ г, } \omega(H_3PO_3) = 2,952 \%$$

$$m(\text{HCl}) = 0,108 \cdot 3 \text{ моль} \cdot 36,5 \text{ г/моль} = 11,826 \text{ г, } \omega(\text{HCl}) = 3,942 \%$$

$$\omega(H_2O) = 100 - 2,952 - 3,942 = 93,106\%$$



Разбалловка

1. Ответ на первый вопрос (названия кислоты и соли по 0,5б; структурная формула кислоты, степень окисления фосфора в ней, объяснение основности кислоты по 1 баллу)	4 б.
2. Установление формулы галогенида (Просто верная формула без подтверждения – 0,5 б)	2 б.
3. Расчет массовых долей в первом растворе	1 б.
4. За уравнения реакций (по 1 баллу за реакцию 1 или 1а, 2, 3 или 3а)	3 б.
<i>ИТОГО</i>	<i>10 б.</i>

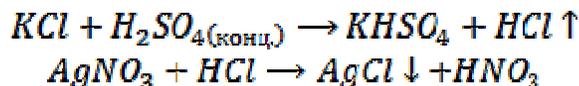
Задача №9-5

Окрашивание твердым раствором пламени в фиолетовый цвет говорит о том, что А и Б – соли калия. Выделение газа при действии концентрированной серной кислоты позволяет предположить, что анионами солей могут быть: сульфит, нитрит, нитрат, карбонат, галогенид и ацетат-ионы. Однако выделение простого вещества Z в реакции позволяет весьма однозначно определить, что анионами солей твердого раствора являются галогенид-ионы.

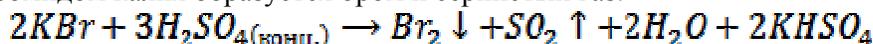
При воздействии на фторид калия концентрированной серной кислоты выделяется фтороводород, не дающий осадка с нитратом серебра(I).



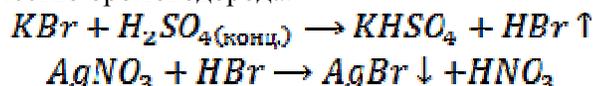
Аналогичная реакция с хлоридом калия дает хлороводород, дающий осадок с солями серебра:



В реакции с бромидом калия образуется бром и сернистый газ:



А также небольшое количество бромоводорода:



В реакции с иодидом выделяется иод и сероводород:



Наиболее подходящими по условию вариантами являются хлорид и бромид калия. Проверим это предположение расчетом:

$$v(HCl + HBr) = \frac{V(HCl + HBr)}{V_m} = \frac{V_x - V(SO_2)}{V_m} = \frac{V_x(1 - \phi(SO_2))}{V_m}$$

$$= \frac{2,68296 \cdot (1 - 0,0511)}{22,4} = 0,1137 \text{ моль}$$

Обозначим за x количество хлороводорода, за y – количество бромоводорода. Зная массу осадка и что $v(HBr) = v(AgBr) = y$, $v(AgCl) = v(HCl) = x$, составим систему уравнений:

$$\begin{cases} x + y = 0,1137 \\ 143,5x + 188y = 16,3867 \end{cases}$$

Из системы находим $x = 0,1121$ моль; $y = 0,0016$ моль.

Значит, в исходном твердом растворе содержалось 0,1121 моль, или 8,3515 г хлорида калия. Тогда, $m(KBr) = 10 - 8,3515 = 1,6485$ г, или 0,0139 моль.

$v(KBr) : v(KCl) = 0,0139 : 0,1121 = 1 : 8 \rightarrow$ формула раствора $8KCl \cdot KBr$.

Заметим, что если не учитывать выделение бромоводорода, масса осадка должна была быть равной:

$$v(\text{AgCl}) = v(\text{HCl}) = \frac{V_x(1 - \phi(\text{SO}_2))}{V_m} = 0,1137 \text{ моль}; m(\text{AgCl}) = 16,316 \text{ г},$$

что не соответствует условию задачи.

Итак,

А и **Б** – хлорид и бромид калия,

W – бром,

X – смесь бромоводорода и хлороводорода,

Y – смесь бромида и иодида серебра.

2 г твердого раствора при растворении выделяет 460 Дж теплоты.

8 · 74,5 + 119 г твердого раствора выделяет при реакции x Дж теплоты.

$$\frac{2}{8 \cdot 74,5 + 119} = \frac{460}{x} \Rightarrow x = 164450 \text{ Дж}$$

2 г механической смеси выделяет 471 Дж теплоты.

8 · 74,5 + 119 г смеси выделяет y Дж теплоты.

$$\frac{2}{715} = \frac{471}{y} \Rightarrow y = 168382,5 \text{ Дж}$$

Тепловой эффект образования твердого раствора получается вычитанием первой реакции из второй:

$$Q_{\text{обр}} = 168382,5 \text{ Дж} - 164450 \text{ Дж} = 3932,5 \text{ Дж}$$

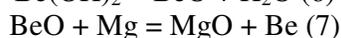
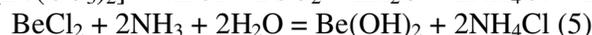
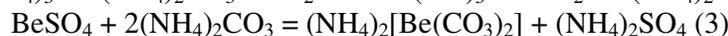
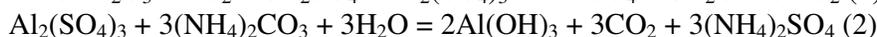
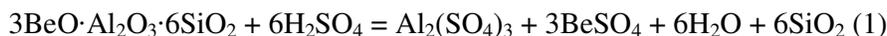
Разбалловка

Определение веществ А, Б, W, X	4x1 б. = 4 б.
Определение количественного состава твердого раствора	2 б.
Определение теплоты образования твердого раствора	4 б.
ИТОГО	10 б.

2.2.2. Задания 10 класса

Задача №10-1

Уравнения:



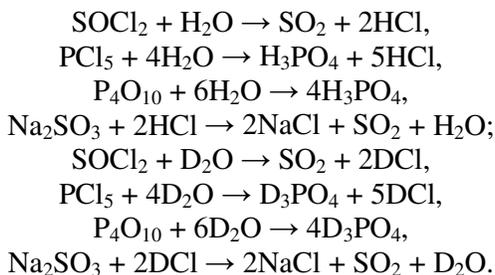
Разбалловка

Формулы двух минералов	2x0,5 = 1 б.
Названия минералов	2x0,5 = 2 б.
Определение металла X и формулы соединения Y	2x1 = 2 б.
Написание уравнений (1) - (3)	3x1 = 3 б.
Написание уравнений (4) - (7)	4x0,5 = 2 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №10-2

Вещества А и В представляют вещества с одинаковыми химическими свойствами. По количеству нейтронов можно сказать, что вещество В на 2 а.е.м. тяжелее вещества А, но тогда эти вещества должны отличаться или на 2 атома водорода, что, скорее всего, изменило бы свойства вещества, или это вещество содержит различные изотопы элементов. Вещество А легче, следовательно температуры плавления и кипения тоже должны быть несколько

меньше. Можно предположить, что вещество А – вода H₂O, а вещество В – тяжелая вода D₂O.



Вещества:

А – H₂O;

В – D₂O;

С – SO₂;

Д – HCl, Д' – DCl;

Е – H₃PO₄, Е' – D₃PO₄;

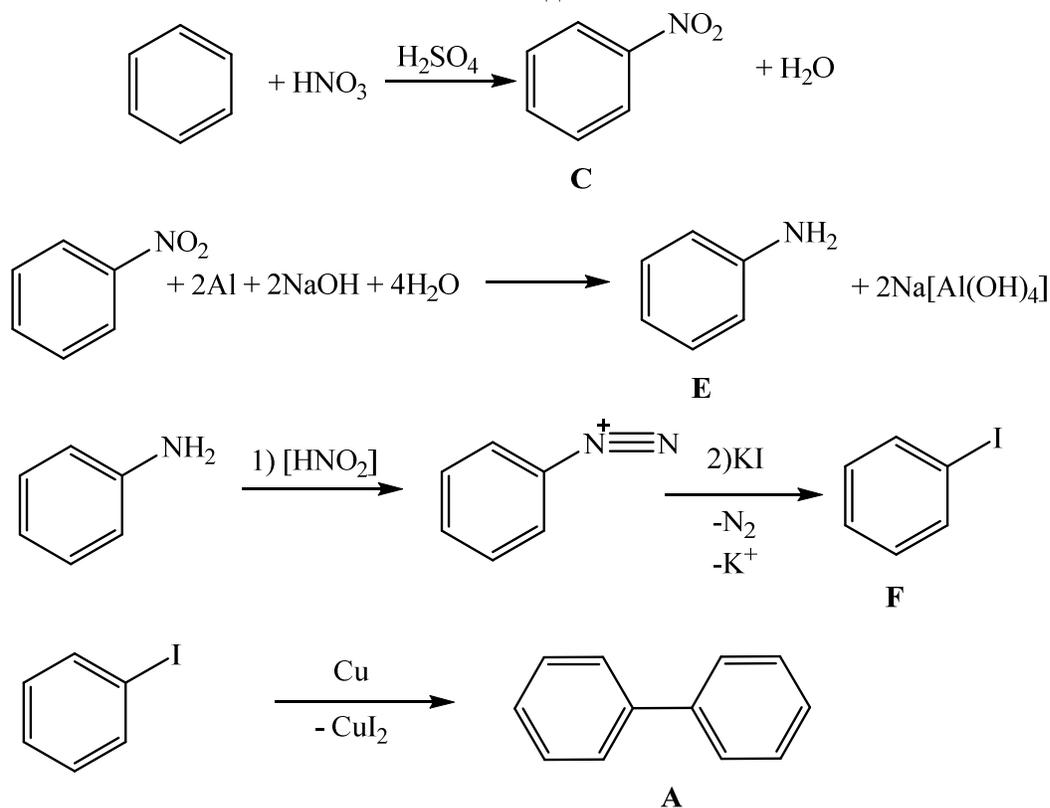
F – NaCl.

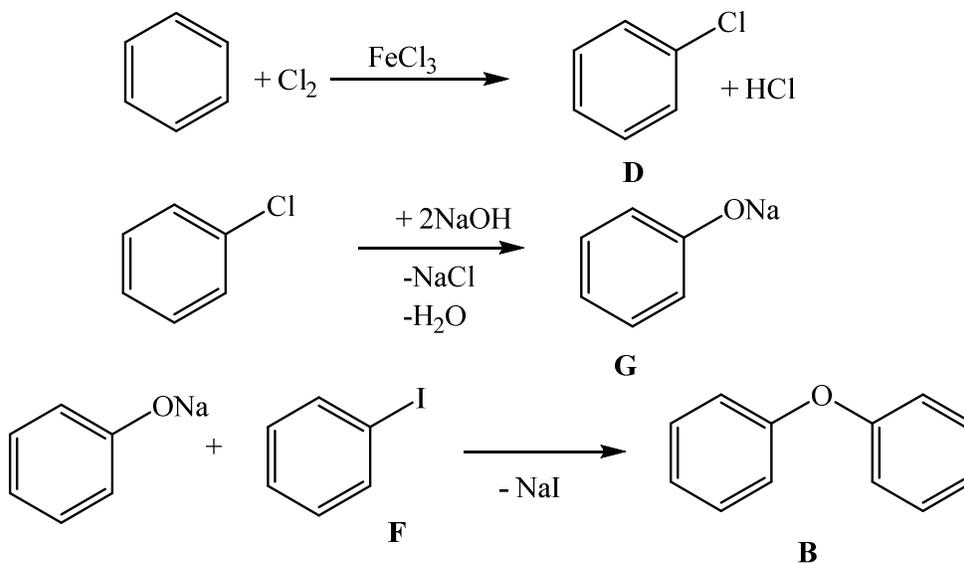
В спектроскопии ЯМР применяют дейтерированные растворители, в которых атомы протия заменены на атомы дейтерия, например: CDCl₃, (CD₃)₂SO и (CD₃)₂CO. Их преимущество заключается в том, что дейтерий не дает сигналов и не мешает определению водорода в органических веществах.

Разбалловка

Написание реакций 1 – 8	8*0,5=4б.
Вещества А – F	8*0,5=4б.
Объяснение необходимости использования дейтерированных растворителей при ЯМР	2б.
ИТОГО	10 б.

Задача №10-3





A – Дифенил, Фенилбензол;
 B – Дифениловый эфир; фенилоксибензол;

Разбалловка

Написание уравнений (схем) реакций 1 – 7	7*1=76.
Названия веществ А и В	2*1,5=36.
ИТОГО	106.

Задача №10-4

$$M(A) = (36,877 \cdot 10^{-23}) \cdot (6,02 \cdot 10^{23}) = 222 \text{ г/моль}$$

Найдем соотношение количества атомов элементов в данном соединении:

$$n(C) : n(H) : n(O) = 5,4054/12 : 0,9/1 : 36,036/16 = 0,45045 : 0,9 : 2,25225 = 1:2:5$$

Определим неизвестный элемент. Пусть 1 моль соединения А содержит 1 моль атомов С. Тогда масса неизвестного элемента, содержащегося в 1 моль соединения А, составит: $m = 57,6586 \cdot 12/5,4054 = 128 \text{ г}$, что соответствует 2 моль меди (1 атом массой 127,1 г и 3 атома массой 42,7 г не подходят ни к одному элементу).

Таким образом, формула вещества – $(CuOH)_2CO_3$, Название- *дигидрокарбонат меди (II)*.

- 1) $Cu + 2FeCl_3 = 2FeCl_2 + CuCl_2$
- 2) $CuCl_2 + Cu = 2CuCl$
- 3) $CuCl + 2NH_3 = (Cu(NH_3)_2)Cl$
- 4) $2(Cu(NH_3)_2)Cl + K_2S = Cu_2S + 2KCl + 4NH_3$
- 5) $Cu_2S + 8HNO_3 \text{ конц.хол.} = 2Cu(NO_3)_2 + 4NO_2 + S + 4H_2O$

- | | |
|----------------------|---|
| X-Cu | X3-(Cu(NH ₃) ₂)Cl |
| X1-CuCl ₂ | X4-Cu ₂ S |
| X2-CuCl | X5-Cu(NO ₃) ₂ |

- 1) $3Cu + 8HNO_3(p.) = 3Cu(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$
- 2) $(CuOH)_2CO_3 + 4HNO_3 = 2Cu(NO_3)_2 + CO_2 + 3H_2O$
- 3) $CO_2 + NaOH = NaHCO_3$

$$m(NaOH)_{p-p} = 137 \text{ мл} \cdot 1,05 \text{ г/мл} = 143,85 \text{ г}$$

$$m(NaOH) = 143,85 \text{ г} \cdot 0,05 = 7,1925 \text{ г}$$

$$n(NaOH) = 7,1925 \text{ г} : 40 \text{ г/моль} = 0,18 \text{ моль}$$

$$n(NaOH) : n(CO_2) = 1:1 ; n(CO_2) = 0,18 \text{ моль}$$

$$n((CuOH)_2CO_3) : n(CO_2) = 1:1$$

$$n((CuOH)_2CO_3) = 0,18 \text{ моль} ; m((CuOH)_2CO_3) = 0,18 \text{ моль} \cdot 222 \text{ г/моль} = 39,96 \text{ г}$$

$$n(NO) = 0,2688 \text{ л} : 22,4 \text{ л/моль} = 0,012 \text{ моль}$$

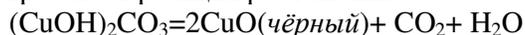
$$n(NO) : n(Cu) = 2:3$$

$$n(\text{Cu})=0,018 \text{ моль} \quad m(\text{Cu})= 0,018 \text{ моль} * 64 \text{ г/моль}= 1,152 \text{ г}$$

$$w(\text{Cu})= 1,152 \text{ г} : (1,152 \text{ г} + 39,96 \text{ г})=0,02802 (2,802 \%)$$

$$w((\text{CuOH})_2\text{CO}_3) = 100\% - 2,802\%= 97,198 \%$$

При нагревании малахита протекает реакция разложения



Украснение чернеет из-за образующегося оксида меди(II).

Разбалловка

Определение вещества А и его название	1 б.
Определение элемента Х	1 б.
Уравнения реакций (1) – (5)	5 x 1 б. = 5 б.
Вычисление состава исходной смеси	2 б.
Объяснение почернения А (без уравнения реакции – 0,5 б.)	1 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №10-5

Тепловой эффект реакции по закону Гесса находится как разность сумм тепловых эффектов образования продуктов и реагентов, причем каждая теплота умножается на соответствующий стехиометрический коэффициент в уравнении химической реакции:

$$Q_{\text{реак}} = \sum n_{\text{прод}} Q_{\text{обр.прод.}} - \sum n_{\text{реак}} Q_{\text{обр.реак.}}$$

Для реакции 1 получаем:

$$Q_{p1} = 2*395.2 - 2*296.9 = 196.6 \text{ (кДж)}$$

Количество молей газообразных веществ в ходе прямой реакции уменьшается, давление в смеси падает, значит, создание высокого давления по принципу Ле Шателье должно сместить равновесие в системе в сторону противодействия этому изменению, т.е. в сторону образования SO_3 .

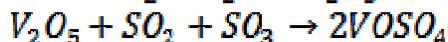
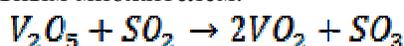
Реакция, как следует из расчетов в пункте 1, экзотермическая, поэтому понижение температуры в контактном аппарате повлечет за собой смещение равновесия в сторону экзотермической реакции, т.е. образования SO_3 .

В соответствии с элементарными знаниями из курса физики мы знаем, что большие температуры прямо означают более высокую скорость движения частиц, высокую частоту их эффективных соударений, и, следовательно, большую скорость химических реакций.

Более строгое уравнение для зависимости константы скорости реакции от температуры вывел С. Аррениус:

$$k = A e^{\frac{-E_a}{RT}}$$

E_a – энергия активации реакции, T – температура, A – некоторое постоянное число, называемое предэкспоненциальным множителем.



Реакция образования серной кислоты в данных условиях:



Ее тепловой эффект по закону Гесса равен:

$$Q_{p2} = 907.51 - 285.84 - 395.2 = 226.47 \text{ кДж.}$$

Итак,

Из 1 моль = 22.4 л SO_3 выделяется 226 470 Дж теплоты.

Из 30 000 л $\text{SO}_3 \Rightarrow x$ Дж.

$$x = \frac{30000 \cdot 226470}{22.4} \approx 3.033 \cdot 10^9 \text{ Дж.}$$

По уравнению теплоемкости находим разность температур:

$$c = \frac{Q}{m\Delta T} \Rightarrow \Delta T = \frac{Q}{cm} = \frac{3.033 \cdot 10^8}{4200 \cdot 570} = 127\text{K}$$

В результате, реакционная смесь разогреется до $127 + 25 = 152^\circ\text{C}$. Смесь серной кислоты может перегреться и закипеть, что существенно затруднит технологический процесс. Именно поэтому предпочитают поглощать серный ангидрид концентрированной серной кислотой, эта реакция не так экзотермична и не затрудняет ход производства нежелательным перегревом.

Разбалловка

Расчет теплового эффекта реакции окисления SO_2	2 б.
Указание оптимальных условий окисления SO_2	1 б.
Обоснование выбора температуры для окисления SO_2	1 б.
Механизм окисления SO_2 в присутствии катализатора	2 б.
Реакция образования сульфата ванадила	1 б.
Объяснение почему SO_3 поглощают кислотой	1 б.
Расчет температуры при растворении SO_3 в воде	2 б.
ИТОГО	10 б.

2.2.3. Задания 11 класса

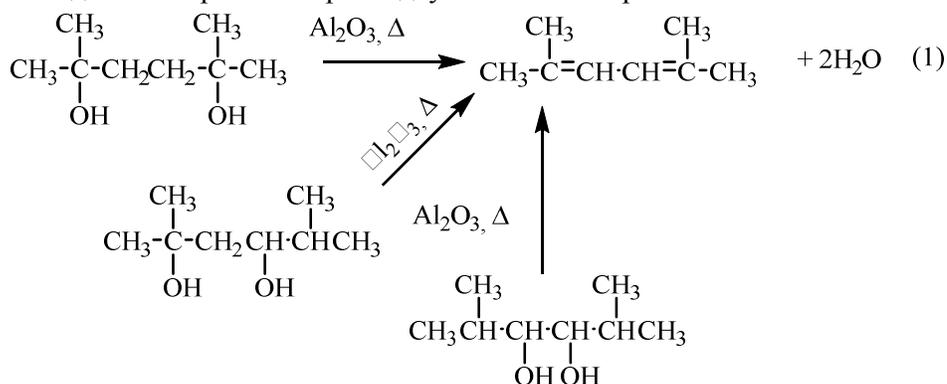
Задача №11-1

Углеводород состава $\text{C}_{10}\text{H}_{18}$ имеет в своем составе либо тройную связь, либо 2 двойные связи, либо цикл и двойную связь, либо 2 цикла.

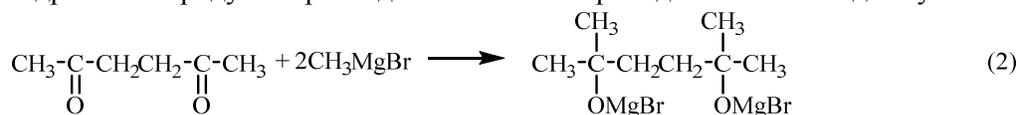
С реактивом Толленса (аммиачным раствором гидроксида серебра) взаимодействуют альдегиды, которые могут образоваться в результате озонлиза соединения, содержащего двойную связь.

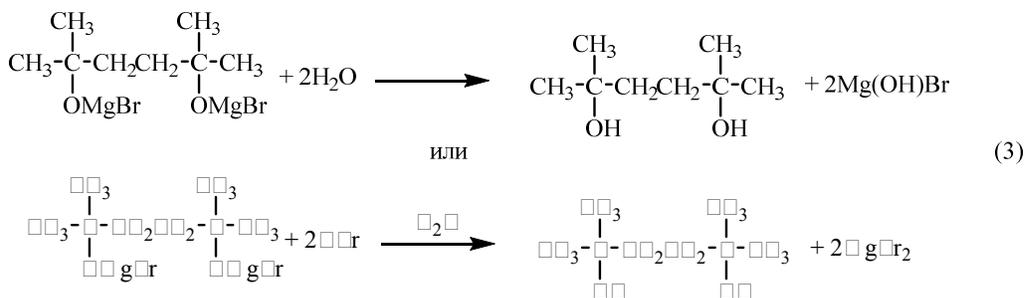
Продуктами озонлиза соединений, содержащих двойные углерод-углеродные связи являются карбонильные соединения – альдегиды и кетоны. Соединение, не взаимодействующее с реактивом Толленса, очевидно, является кетоном.

Полученный в результате химических превращений этого соединения 2,5-диметилгекса-2,4-диен имеет в своем составе 2 двойные связи, которые возникли в ходе данных превращений, так как в ходе озонлиза двойные связи не могли остаться не затронутыми. Они возникли в результате реакции дегидратации при нагревании с оксидом алюминия одного из трех изомерных двухатомных спиртов:

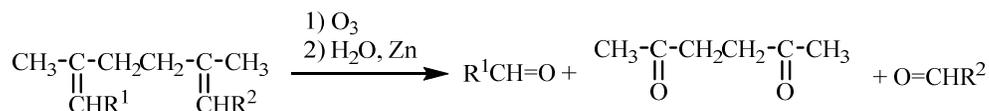


Взаимодействие карбонильного соединения с метилмагнийбромидом с последующим гидролизом продукта присоединения может приводить только к одному из этих спиртов:





Таким образом мы установили структуру продукта окисления, не взаимодействующего с реактивом Толленса. Он является дикетоном, из чего можно сделать вывод, что исходный углеводород содержал 2 двойные связи и остальные продукты его озонлиза являются альдегидами, причем каждый содержит только одну карбонильную группу:



Исходя из общей формулы углеводорода, подвергнутого озонлизу и данной схемы, в результате озонлиза могли образоваться либо уксусный альдегид (2 молекулы), либо формальдегид и пропаналь.

Проведем расчет:

$$M(\text{C}_{10}\text{H}_{18}) = 12 \cdot 10 + 18 = 138 \text{ г/моль}$$

$$v(\text{C}_{10}\text{H}_{18}) = 1,38 \text{ г} / 138 \text{ г/моль} = 0,01 \text{ моль}$$

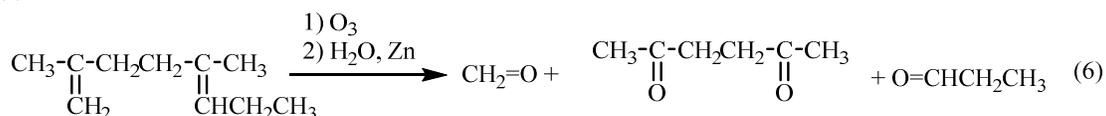
$$M(\text{Ag}) = 108 \text{ г/моль}$$

$$v(\text{Ag}) = 6,48 \text{ г} / 108 \text{ г/моль} = 0,06 \text{ моль}$$

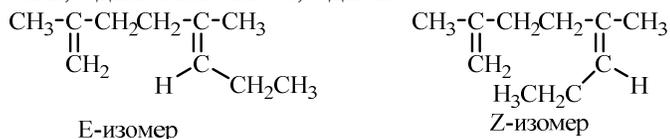
Таким образом, продукты озонлиза 1 моль углеводорода восстанавливают 6 моль серебра из реактива Толленса. 1 альдегидная группа в этих условиях восстанавливает 2 моль серебра, за исключением формальдегида, который на 1 моль восстанавливает 4 моль серебра:



Таким образом продуктами озонлиза являются формальдегид, пропаналь и гексан-2,5-дион:



В то же время исходный углеводород является алкадиеном, а именно E- или Z-изомером 2,5-диметилгепта-1,5-диена:

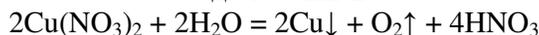


Разбалловка:

Уравнения (1)-(6)*	6*1 = 6 б
Структурные формулы продуктов озонлиза	3*0,5 = 1,5 б
Расчет	1 б
Структурная формула углеводорода C ₁₀ H ₁₈	1,5 б
Без указания на наличие E- и Z-изомеров	1,0 б
Итого	10 б

* Уравнение (1) считается записанным верно, если описывает дегидратацию одного двухатомного спирта – того, который образуется согласно условию реакции из продукта озонолиза; структуру и уравнения дегидратации двух других диолов можно не приводить.

Задача №11-2



Следует помнить, что при совместном электролизе первым выделяется менее активный металл, и процесс идет последовательно в соответствии с ростом активности металла.

Количества вещества солей:

$$v(\text{AgNO}_3) = \frac{34 \text{ с}}{170 \frac{\text{с}}{\text{моль}}} = 0,2 \text{ моль}$$

$$v(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = v(\text{крист.}) = \frac{66,8 \text{ с}}{296 \frac{\text{с}}{\text{моль}}} = 0,3 \text{ моль}$$

Масса серебра, которую можно выделить на электроде за время в 45 мин:

$$m(\text{Ag}) = \frac{It \cdot M(\text{Ag})}{nF} = \frac{10 \cdot 2700 \cdot 108}{96485} = 30,22 \text{ г, или } 0,28 \text{ моль}$$

Но в растворе содержится меньшее количество ионов серебра. Из этого следует, что нитрат серебра разложился полностью ($m(\text{Ag}) = 21,6 \text{ г}$) за время t_1 , и далее последовал электролиз нитрата меди за время t_2 .

$$t_2 = \frac{m_{\text{max}}(\text{Ag}) \cdot nF}{I \cdot M(\text{Ag})} = \frac{21,6 \cdot 96485}{10 \cdot 108} = 1930 \text{ с}; t_2 = t - t_1 = 770 \text{ с}$$

Масса выделившейся меди равна:

$$m(\text{Cu}) = \frac{It_2 \cdot M(\text{Cu})}{nF} = \frac{10 \cdot 770 \cdot 64}{2 \cdot 96485} = 2,55 \text{ г.}$$

Массу кислорода определим из уравнений электролиза:

$$v_1(\text{O}_2) = 0,25v(\text{Ag}) = 0,05 \text{ моль}; v_2(\text{O}_2) = \frac{2,55}{64 \cdot 2} = 0,02 \text{ моль}; m_{\text{общ}}(\text{O}_2) = 0,07 \cdot 32 = 2,24 \text{ г.}$$

1. Объем газа из предыдущего пункта вычислить несложно:

$$V(\text{O}_2) = \frac{v_{\text{общ}}(\text{O}_2)RT}{P} = \frac{0,07 \cdot 8,314 \cdot 303}{101,32} = 1,74 \text{ л.}$$

Масса азотной кислоты:

$$v_1(\text{HNO}_3) = 2v(\text{Cu}) = \frac{2,55 \cdot 2}{64} = 0,08 \text{ моль}; v_2(\text{HNO}_3) = v(\text{Ag}) = 0,2 \text{ моль}; m(\text{HNO}_3) = 17,64 \text{ г.}$$

$$\omega(\text{HNO}_3) = \frac{m(\text{HNO}_3)}{m(\text{крист.}) + m(\text{AgNO}_3) + m(\text{H}_2\text{O}) - m(\text{Ag}) - m(\text{Cu}) - m(\text{O}_2)} = 4,45\%$$

2. Из закона Фарадея получаем:

$$\tau = \frac{m_{\text{max}}(\text{Ag}) \cdot nF}{I \cdot M(\text{Ag})} = \frac{21,6 \cdot 96485}{3 \cdot 108} = 6432 \text{ с} \approx 1,78 \text{ ч}$$

Разбалловка

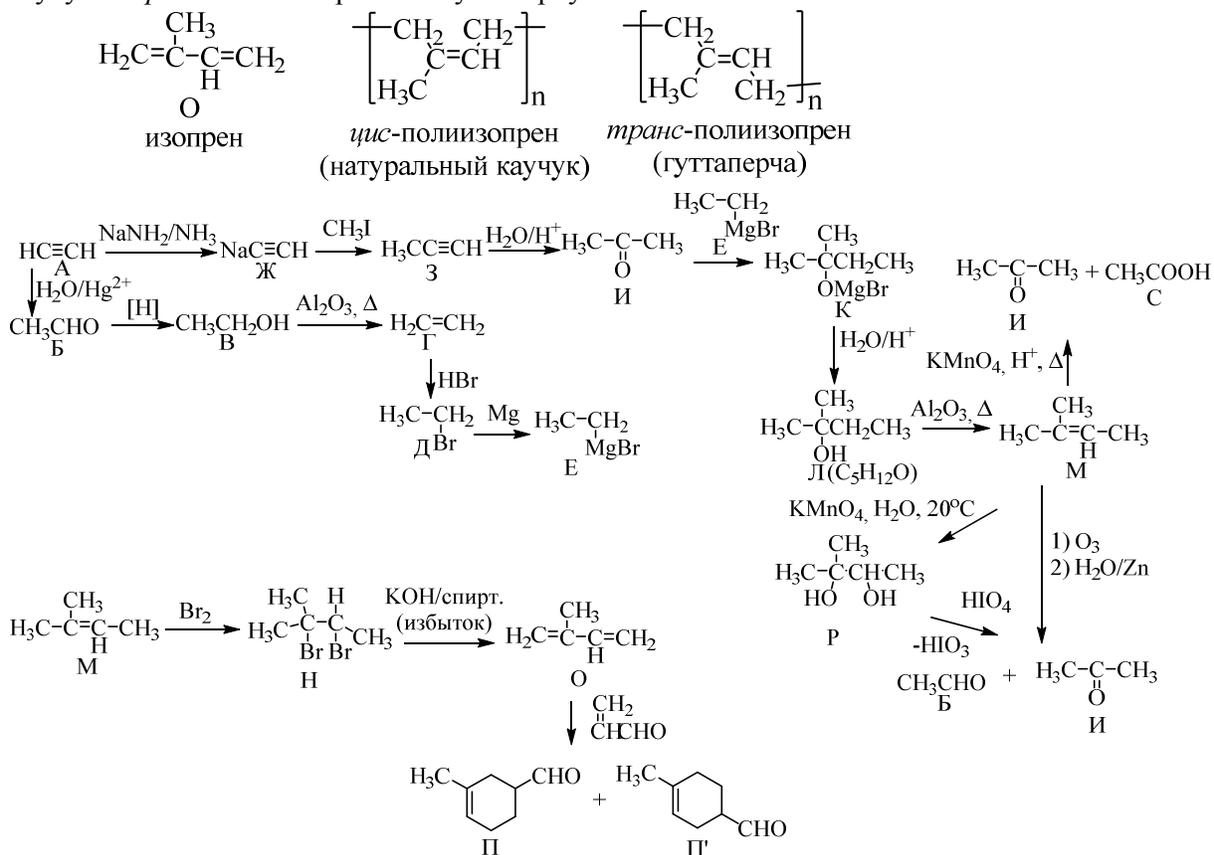
Определение веществ, выделяемых на электродах	3x1 б. = 3 б
Определение масс серебра, меди, кислорода	3x0,5 б. = 1,5 б
Массовые доли нитрата меди, серебра и азотной кислоты в растворе	3x1 б. = 3 б
Объем выделившегося кислорода	1 б
Ответ на вопрос 3	1,5 б
Итого	10 б

Примечание. Задача может быть полностью решена без применения формулы закона Фарадея. Баллы в этом случае не снижаются.

Задача №11-3

Исходя из реакций, в которые вступает вещество А, видно, что это алкин с концевой тройной связью. Давшее реакцию серебряного зеркала вещество Б – альдегид. Альдегид в результате гидратации образует единственный алкин – ацетилен.

Вещество О – изопрен, образует 2 1,4-полимера – *цис*-полиизопрен или натуральный каучук и *транс*-полиизопрен или гуттаперчу:



Разбалловка

Структурные формулы веществ А-С	18*0,5 = 9 б
Структурные формулы полимеров	2*0,5 = 1 б
	Итого 20 б

Задача №11-4

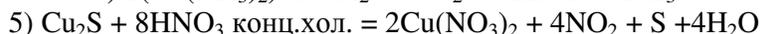
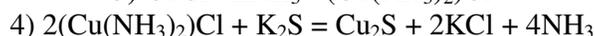
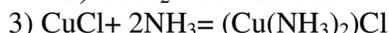
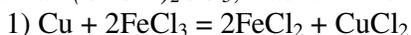
$$M(A) = (36,877 \cdot 10^{-23}) \cdot (6,02 \cdot 10^{23}) = 222 \text{ г/моль}$$

Найдем соотношение количества атомов элементов в данном соединении:

$$n(\text{C}) : n(\text{H}) : n(\text{O}) = 5,4054/12 : 0,9/1 : 36,036/16 = 0,45045 : 0,9 : 2,25225 = 1:2:5$$

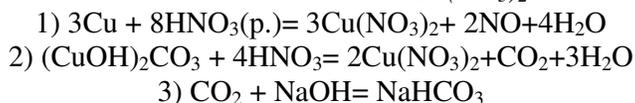
Определим неизвестный элемент. Пусть 1 моль соединения А содержит 1 моль атомов С. Тогда масса неизвестного элемента, содержащегося в 1 моль соединения А, составит: $m = 57,6586 \cdot 12/5,4054 = 128 \text{ г}$, что соответствует 2 моль меди (1 атом массой 127,1 г и 3 атома массой 42,7 г не подходят ни к одному элементу).

Таким образом, формула вещества – $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$, Название- *дигидроксокарбонат меди (II)*.



X-Cu
X1-CuCl₂
X2-CuCl

X3-(Cu(NH₃)₂)Cl
X4-Cu₂S
X5-Cu(NO₃)₂



$$m(\text{NaOH})_{\text{р-р}} = 137 \text{ мл} * 1,05 \text{ г/мл} = 143,85 \text{ г}$$

$$m(\text{NaOH}) = 143,85 \text{ г} * 0,05 = 7,1925 \text{ г}$$

$$n(\text{NaOH}) = 7,1925 \text{ г} : 40 \text{ г/моль} = 0,18 \text{ моль}$$

$$n(\text{NaOH}) : n(\text{CO}_2) = 1:1 ; n(\text{CO}_2) = 0,18 \text{ моль}$$

$$n((\text{CuOH})_2\text{CO}_3) : n(\text{CO}_2) = 1:1$$

$$n((\text{CuOH})_2\text{CO}_3) = 0,18 \text{ моль} ; m((\text{CuOH})_2\text{CO}_3) = 0,18 \text{ моль} * 222 \text{ г/моль} = 39,96 \text{ г}$$

$$n(\text{NO}) = 0,2688 \text{ л} : 22,4 \text{ л/моль} = 0,012 \text{ моль}$$

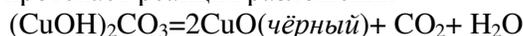
$$n(\text{NO}) : n(\text{Cu}) = 2:3$$

$$n(\text{Cu}) = 0,018 \text{ моль} \quad m(\text{Cu}) = 0,018 \text{ моль} * 64 \text{ г/моль} = 1,152 \text{ г}$$

$$w(\text{Cu}) = 1,152 \text{ г} : (1,152 \text{ г} + 39,96 \text{ г}) = 0,02802 \text{ (2,802 \%)}$$

$$w((\text{CuOH})_2\text{CO}_3) = 100\% - 2,802\% = 97,198 \%$$

При нагревании малахита протекает реакция разложения



Украснение чернеет из-за образующегося оксида меди(II).

Разбалловка

Определение вещества А и его название	1 б.
Определение элемента X	1 б.
Уравнения реакций (1) – (5)	5 x 1 б. = 5 б.
Вычисление состава исходной смеси	2 б.
Объяснение почернения А (без уравнения реакции – 0,5 б.)	1 б.
ИТОГО	10 б.

Задача №11-5

Из описания задачи понятно, что речь идет об инертных газах, однако правильнее все-таки их называть «благородными», т.к. в химические реакции они вступают. В настоящее время благородные газы применяются в следующих областях: надувание шариков, метеозондов; сверхнизкие температуры (гелий); инертная атмосфера (аргон), газоразрядные лампы (ксенон и др. газы).

В настоящей задаче идет описание реакционной способности Ксенона. Это нетрудно выяснить следующим образом:

Соединение E₃ имеет следующий состав: Na_xA_yO_z

При этом Z можно легко определить:

$$z = \frac{M(\text{соли})}{M(\text{O})} \omega(\text{O}) = 319 / 16 \cdot 0,3009 = 6$$

Теперь можно составить два уравнения:

$$\text{Сохранение массы} \quad 3x + Ay + 16 \cdot 6 = 319$$

$$\text{Электронейтральность} \quad (+1)x + c \cdot y + (-2) \cdot 6 = 0$$

Выразив массу А через степень окисления (с) и индекс элемента А (у), получим следующее:

$$A = 23c - \frac{53}{y}$$

т.к. соединение E₃ является кислородсодержащей солью, то ст. ок-я элемента А будет положительна (+2, +4, +6, +8). Методом подбора находим единственный вариант, где (у=1, с=8) А = 131 г/моль, что соответствует газу Ксенону.

Тогда Е – степень окисления +8; D – +6, С – +4, В – +2, А – элемент Ксенон – +0.

Уравнения реакций:

- $\text{Xe} + \text{F}_2 \rightarrow \text{XeF}_2$;
- $\text{XeF}_2 + \text{F}_2 \rightarrow \text{XeF}_4$;
- $\text{XeF}_4 + \text{F}_2 \rightarrow \text{XeF}_6$;
- $\text{XeF}_6 + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{XeO}_3 + 6\text{HF}$;
- $\text{XeO}_3 + \text{O}_3 + 4\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_4\text{XeO}_6 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$;
- $\text{Na}_4\text{XeO}_6 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{XeO}_4 + \text{NaHSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$;
- $\text{XeO}_4 \rightarrow \text{XeO}_3 + \text{O}_2$;
- $\text{XeO}_3 + 2\text{MnO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{HMnO}_4 + \text{Xe}$.

Разбалловка

Написание реакций 1 – 8	8*1=8б.
Определение E ₃	1б.
Применение газов (хотя бы 2 применения)	1б.
Итого	10б.

2.3. Критерии оценивания заданий Экспериментального тура

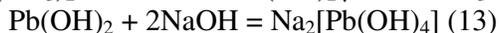
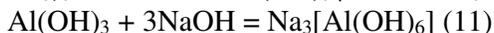
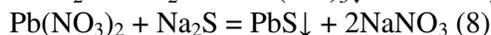
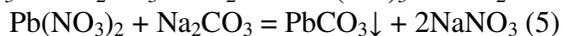
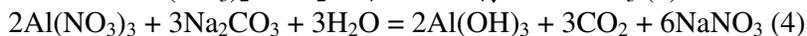
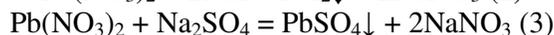
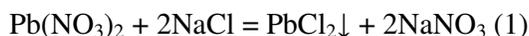
2.3.1. Задание 9 класса

	NaCl	NaI	Na ₂ SO ₄	Na ₂ CO ₃	Na ₂ S	NaOH
Al(NO ₃) ₃	-	-	-	↓	↓	↓**
Pb(NO ₃) ₂	↓ белый*	↓ желтый	↓ белый	↓	↓ черный	↓***
HCl	-	-	-	↑	↑	-

* осадок PbCl₂ растворим в горячей воде

** осадок растворяется в избытке раствора NaOH

*** осадок растворяется в избытке раствора NaOH при нагревании



Разбалловка

Установление соответствия между обозначениями пробирок и веществами в них (для двух комплектов)	9x1,5б. = 13,5 б.
Написание уравнений реакций (1) – (13)	13x0,5б. = 6,5 б.
ИТОГО	20 б.

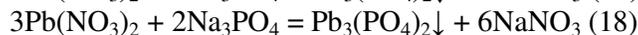
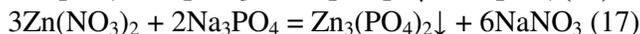
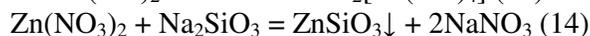
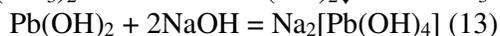
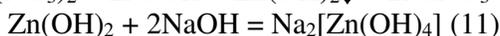
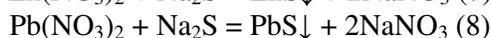
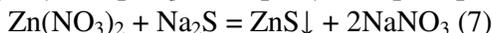
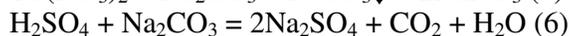
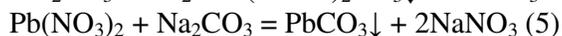
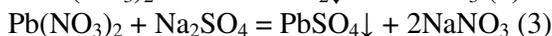
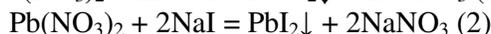
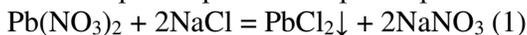
2.3.2. Задание 10 класса

	NaCl	NaI	Na ₂ SO ₄	Na ₂ CO ₃	Na ₂ S	NaOH	Na ₂ SiO ₃	Na ₃ PO ₄
Zn(NO ₃) ₂	-	-	-	↓	↓	↓**	↓	↓
Pb(NO ₃) ₂	↓*	↓	↓	↓	↓	↓***	↓	↓
H ₂ SO ₄	-	-	-	↑	↑	-	↓	-

* осадок PbCl₂ растворим в горячей воде

** осадок растворяется в избытке раствора NaOH

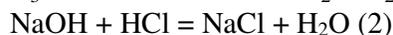
*** осадок растворяется в избытке раствора NaOH при нагревании



Разбалловка

Установление соответствия между обозначениями пробирок и веществами в них (для двух комплектов)	11x1б. = 11 б.
Написание уравнений реакций (1) – (18)	18x0,5б. = 9 б.
ИТОГО	20 б.

2.3.3. Задание 11 класса



Содержание гидроксида натрия вычисляют по результатам второго титрования, предварительно осадив карбонат-ионы с помощью хлорида бария. По уравнению реакции (2):

$$n(\text{NaOH}) = n(\text{HCl}) = C(\text{HCl}) \cdot V_2(\text{HCl}) \cdot 10^{-3} \text{ (моль)},$$

где $C(\text{HCl})$ – концентрация используемой для титрования кислоты (моль/л);

$V_2(\text{HCl})$ – объем кислоты, затраченной на титрование после добавления хлорида бария (мл).

$$C(\text{NaOH}) = n(\text{NaOH}) \cdot M(\text{NaOH}) \cdot 10 / 0,1 \text{ (г/л)},$$

где 10 – разбавление, равное отношению аликвоты к объему мерной колбы

0,1 – объем мерной колбы (л).

Содержание карбоната натрия вычисляют по разности объемов между первым и вторым титрованием:

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,5n'(\text{HCl}) \text{ или } 2n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = n'(\text{HCl})$$

$$n(\text{NaOH}) = n''(\text{HCl}), \text{ причем } n'(\text{HCl}) + n''(\text{HCl}) = n(\text{HCl}).$$

Тогда

$$2n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = n'(\text{HCl}) = n(\text{HCl}) - n''(\text{HCl}) = C(\text{HCl})[V_1(\text{HCl}) - V_2(\text{HCl})] \cdot 10^{-3}$$

$$n(\text{Na}_2\text{CO}_3) = C(\text{HCl})[V_1(\text{HCl}) - V_2(\text{HCl})] \cdot 10^{-3}/2 \text{ (моль),}$$

где $V_1(\text{HCl})$ – объем кислоты, затраченной на первое титрование (мл)

$$C(\text{Na}_2\text{CO}_3) = n(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot M(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot 10/0,1 \text{ (г/л)}$$

Разбалловка

Написание уравнений реакций (1) – (3)	3x1б. = 3 б.
Вывод формулы для расчета содержания NaOH	2 б.
Na ₂ CO ₃	3 б.
Оценка результата титрования (по объему затраченному на титрование) для V ₁ и V ₂ (по 6 б. максимум)	Ошибка менее 5% – 6 б. Далее балл уменьшается на 0,5 за каждые 5% ошибки
ИТОГО	20 б.

3. ЗАДАНИЯ ПЕРВОГО (ОТБОРОЧНОГО) ЭТАПА

Для проведения тренировочного тура олимпиады использовали задания прошлых лет

3.1 Задания Интернет-тура

Интернет-тур проходил в режиме on-line с использованием электронной площадки <http://ege.psu.ru> Пермского государственного национального исследовательского университета. Время выполнения заданий – 3 часа.

3.1.1. Задания 9 класса

1. Своему названию этот элемент обязан яркому цвету своих паров, а получен он впервые Б. Куртуа при кипячении золы морских водорослей с раствором серной кислоты. В ответе укажите название химического элемента (например, аргон).

2. Какие из представленных частиц имеют такую же **электронную конфигурацию**, как и S^{+4} .

- | | |
|--------------|--------------|
| 1. Cl | 4. Mg |
| 2. P^{+3} | 5. Cl^{+3} |
| 3. Al^{3+} | 6. Ne |

3. Среди перечисленных ниже оксидов отметьте те, которые **не способны** к образованию солей:

- | | |
|------------|-------------|
| 1. CrO | 4. CO |
| 2. NO | 5. N_2O_5 |
| 3. SiO_2 | 6. SiO |

4. Сокращенное ионное уравнение



соответствует взаимодействию:

1. гидроксида магния и хлороводородной кислоты
2. серной кислоты и гидроксида калия
3. водного раствора аммиака и уксусной кислоты
4. гидроксида бария и серной кислоты

5. Многие характеристики атомов элементов связаны с электронным строением атома и положением в Периодической системе химических элементов.

В ответе укажите последовательность номеров, соответствующих **увеличению** атомных радиусов представленных элементов (например, 1324):

- | | |
|-------|-------|
| 1. Br | 3. P |
| 2. S | 4. Se |

6. При взаимодействии 34,75 г гидрида двухвалентного металла с избытком воды выделилось 11,2 л газа (при н.у.). Укажите в ответе формулу гидрида (например, NaH).

7. **Кислую** реакцию среды имеют растворы следующих солей:

- | | |
|-------------------|--------------|
| 1. $Fe_2(SO_4)_3$ | 4. K_2CO_3 |
| 2. NaCN | 5. $MgSO_4$ |
| 3. Na_2SO_4 | 6. $AlCl_3$ |

8. Процесс отделения осадка от раствора называется:

- | | |
|------------------|-----------------|
| 1. осаждением | 3. растворением |
| 2. фильтрованием | 4. декантацией |

9. В двух пробирках находятся растворы солей свинца и кадмия. Какой из растворов необходимо добавить к обеим пробиркам для того, чтобы однозначно определить их содержимое?

- | | |
|-------------------|--------------------|
| 1. иодид калия | 3. гидроксид калия |
| 2. сульфат натрия | 4. карбонат натрия |

10. Равновесие в системе



протекающей при постоянном объеме, сместится **вправо (в сторону продуктов реакции)** при:

- | | |
|---------------------------------|----------------------------------|
| 1. увеличении давления; | 4. добавлении оксида азота (IV); |
| 2. уменьшении давления; | 5. увеличении температуры |
| 3. удалении из смеси кислорода; | 6. уменьшении температуры |

11. При сплавлении карбоната марганца с калийной солью одной из хлорсодержащих кислот (массовая доля хлора в соли 28,98%) образуется смесь белого вещества **А** и бурого соединения **Б**, которое катализирует реакцию разложения пероксида водорода:



1. Укажите в ответе формулу вещества **А**. (например, H₂O)
2. Укажите в ответе формулу вещества **Б**. (например, H₂O)
3. Укажите в ответе формулу вещества, которое является окислителем в описанной реакции. (например, H₂O)
4. Укажите в ответе сумму коэффициентов в приведенной реакции (например, 12)

12. Навеску смеси карбонатов калия и кальция растворили в 200 мл дистиллированной воды. Нерастворившийся остаток отфильтровали и прокалили, при этом образовалось 0,25 г белого вещества **А**, способного к взаимодействию с водой.

К полученному после отделения остатка раствору добавили избыток раствора хлороводородной кислоты, при этом выделилось 1,22 л газа **Б** (при н.у.)

1. Укажите в ответе формулу вещества **А** (например, H₂O)
2. Укажите в ответе формулу вещества **Б** (например, H₂O)
3. Вычислите массовую долю карбоната кальция в смеси. Ответ округлите до десятых (например, 6.2)
4. Вычислите массовую долю карбоната калия в растворе, полученном после отделения осадка. Ответ округлите до десятых (например, 6.2)

13. К раствору, содержащему 15,0 г CuSO₄·5H₂O, прилили раствор гидроксида натрия до образования голубого осадка (в-во **А**), после чего добавили 5% р-р пероксида водорода. Цвет осадка при этом изменился на красно-оранжевый (в-во **Б**) и выделилось 0,56 л (при н.у.) газа **В**.

1. Напишите формулу вещества **А** (например, NaOH).
2. Напишите формулу вещества **Б** (например, NaOH).
3. Напишите формулу вещества **В** (например, NaOH).
4. Вычислите массу (г) добавленного раствора пероксида водорода (ответ округлите до десятых).

14. При нагревании навески гидрокарбоната калия часть вещества разложилась с выделением 0,448 л (при н.у.) углекислого газа. При обработке полученного осадка избытком раствора хлороводородной кислоты выделилось 1,12 л (при н.у.) углекислого газа.

1. Вычислите массу взятой навески гидрокарбоната калия. Ответ округлите до десятых (например, 1.2).

2. Вычислите мольную долю (в %) гидрокарбоната калия в смеси, полученной после прокаливания. Ответ округлите до целых (например, 23)
3. Вычислите молярную концентрацию (моль/л) хлорида калия в итоговом растворе, если его объем равен 500 мл. Ответ округлите до десятых (например, 2,2).
4. Укажите сумму коэффициентов в уравнении реакции прокаливания гидрокарбоната калия (например, 16)

15. К раствору, полученному при взаимодействии 57,7 мл раствора серной кислоты с концентрацией 5,2 моль/л (плотность 1,3 г/мл) и 30,9 г гидроксида хрома (III), прибавили 135,2 г раствора сульфида бария (с массовой долей соли 25,0%) и, образовавшуюся смесь нагрели до прекращения выделения газа. При расчетах исключить образование кислых и основных солей.

1. Вычислите массу соли (в г), получившейся при взаимодействии серной кислоты и гидроксида хрома. Ответ округлите до десятых (например, 24,8).
2. Вычислите массовую долю (в %) соли, которая находится в растворе после окончания второй реакции. Ответ округлите до десятых (например, 5,2)
3. Укажите в ответе формулу соли, которая находится в растворе после окончания второй реакции (например, K_2SO_4).
4. Вычислите массу (в г) соли, которая находится в растворе после окончания второй реакции. Ответ округлите до десятых (например, 5,2).

3.1.2 Задания 10 класса

1. Название этого элемента происходит от латинского словосочетания «жидкое серебро». По мнению алхимиков этот элемент являлся главной составной частью всех металлов. В ответе укажите название химического элемента (например, аргон).

2. Какие из представленных частиц имеют такую же **конфигурацию внешнего энергетического уровня**, что и S^{+6} .

- | | |
|--------------|--------------|
| 1. Cl | 4. Mg |
| 2. P^{+3} | 5. Cl^{+3} |
| 3. Al^{3+} | 6. Ne |

3. Только **основные** свойства проявляют оксиды:

- | | |
|--------------|------------|
| 1. CrO | 4. SrO |
| 2. SO_2 | 5. CrO_3 |
| 3. Cr_2O_3 | 6. SeO_2 |

4. Сокращенное ионное уравнение



соответствует взаимодействию:

1. гидроксида магния и хлороводородной кислоты
2. серной кислоты и гидроксида калия
3. водного раствора аммиака и уксусной кислоты
4. гидроксида бария и серной кислоты

5. Многие характеристики атомов элементов связаны с электронным строением атома и положением в Периодической системе химических элементов. В ответе укажите последовательность номеров, соответствующих **увеличению** электроотрицательности представленных элементов (например, 1324):

- | | |
|-------|-------|
| 1. Br | 3. P |
| 2. S | 4. Se |

6. При взаимодействии 10,5 г гидрида металла с избытком воды выделилось 11,2 л газа (при н.у.). Укажите в ответе формулу гидрида (например, NaH).

7. Щелочную реакцию среды имеют растворы следующих солей:

- | | |
|---------------------------------|----------------------------|
| 1. $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ | 4. K_2CO_3 |
| 2. NaCN | 5. MgSO_4 |
| 3. Na_2SO_4 | 6. AlCl_3 |

8. Лабораторная посуда, используемая для отмеривания точного объема жидкости:

- | | |
|-------------|-------------------|
| 1. мензурка | 3. мерный цилиндр |
| 2. пипетка | 4. мерная колба |

9. В двух пробирках находятся растворы хлорида и иодида натрия. Какой из растворов необходимо добавить к обеим пробиркам для того, чтобы однозначно определить их содержимое?

- | | |
|------------------|----------------------|
| 1. нитрат свинца | 3. сульфат меди (II) |
| 2. нитрат бария | 4. сульфат кадмия |

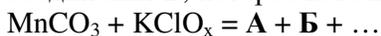
10. Равновесие в системе



протекающей при постоянном объеме, сместится **влево (в сторону исходных веществ)** при:

- | | |
|---------------------------------|----------------------------------|
| 1. увеличении давления; | 4. добавлении оксида азота (IV); |
| 2. уменьшении давления; | 5. увеличении температуры |
| 3. удалении из смеси кислорода; | 6. уменьшении температуры |

11. При сплавлении карбоната марганца с калийной солью одной из хлорсодержащих кислот (массовая доля хлора в соли 28,98%) образуется смесь белого вещества **А** и бурого соединения **Б**, которое катализирует реакцию разложения пероксида водорода:



1. Укажите в ответе формулу вещества **А**. (например, H_2O)
2. Укажите в ответе формулу вещества **Б**. (например, H_2O)
3. Укажите в ответе формулу вещества, которое является окислителем в описанной реакции. (например, H_2O)
4. Укажите в ответе сумму коэффициентов в приведенной реакции (например, 12)

12. Навеску смеси карбонатов калия и кальция растворили в 200 мл дистиллированной воды. Нерастворившийся остаток отфильтровали и прокалили, при этом образовалось 0,25 г белого вещества **А**, способного к взаимодействию с водой.

К полученному после отделения остатка раствору добавили избыток раствора хлороводородной кислоты, при этом выделилось 1,22 л газа **Б** (при н.у.)

1. Укажите в ответе формулу вещества **А** (например, H_2O)
2. Укажите в ответе формулу вещества **Б** (например, H_2O)
3. Вычислите массовую долю карбоната кальция в смеси. Ответ округлите до десятых (например, 6.2)
4. Вычислите массовую долю карбоната калия в растворе, полученном после отделения осадка. Ответ округлите до десятых (например, 6.2)

13. К раствору, содержащему 15,0 г $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, прилили раствор гидроксида натрия до образования голубого осадка (в-во **А**), после чего добавили 5% р-р пероксида водорода. Цвет осадка при этом изменился на красно-оранжевый (в-во **Б**) и выделилось 0,56 л (при н.у.) газа **В**.

1. Напишите формулу вещества **А** (например, NaOH).
2. Напишите формулу вещества **Б** (например, NaOH).

3. Напишите формулу вещества **В** (например, NaOH).
4. Вычислите массу (г) добавленного раствора пероксида водорода (ответ округлите до десятых).

14. Ароматический углеводород **А** вступает в реакцию с веществом **Б**, содержащим 73,4 мас.% брома, в присутствии хлорида алюминия с образованием этилбензола. Последующее взаимодействие этилбензола с бромом приводит к получению соединения **В**, реакция которого со спиртовым раствором гидроксида натрия сопровождается образованием вещества **Д**.

1. Укажите в ответе название вещества **А**. Используйте при ответе номенклатуру ИЮПАК (например, 2-метилбутан)
2. Укажите в ответе название вещества **Б**. Используйте при ответе номенклатуру ИЮПАК (например, 2-метилбутан)
3. Укажите в ответе название вещества **В**. Используйте при ответе номенклатуру ИЮПАК (например, 2-метилбутан)
4. Укажите в ответе **тривиальное** название вещества **Г**. (например, уксусная кислота)

15. К раствору, полученному при взаимодействии 57,7 мл раствора серной кислоты с концентрацией 5,2 моль/л (плотность 1,3 г/мл) и 30,9 г гидроксида хрома (III), прибавили 135,2 г раствора сульфида бария (с массовой долей соли 25,0%) и, образовавшуюся смесь нагрели до прекращения выделения газа. При расчетах исключить образование кислых и основных солей.

1. Вычислите массу соли (в г), получившейся при взаимодействии серной кислоты и гидроксида хрома. Ответ округлите до десятых (например, 24,8).
2. Вычислите массовую долю (в %) соли, которая находится в растворе после окончания второй реакции. Ответ округлите до десятых (например, 5,2)
3. Укажите в ответе формулу соли, которая находится в растворе после окончания второй реакции (например, K_2SO_4).
4. Вычислите массу (в г) соли, которая находится в растворе после окончания второй реакции. Ответ округлите до десятых (например, 5,2).

3.1.3 Задания 11 класса

1. Этот элемент алхимиками считался одним из «начал» всех металлов и являлся признаком горючести, а название его произошло от ярко-желтой окраски простого вещества. В ответе укажите название химического элемента (например, аргон).

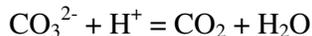
2. Какие из представленных частиц имеют такую же **конфигурацию внешнего энергетического уровня**, что и S^{+6} .

- | | |
|--------------|--------------|
| 1. Cl | 4. Mg |
| 2. P^{+3} | 5. Cl^{+3} |
| 3. Al^{3+} | 6. Ne |

3. Только **кислотные** свойства проявляют оксиды:

- | | |
|--------------|------------|
| 1. CrO | 4. SrO |
| 2. SO_2 | 5. CrO_3 |
| 3. Cr_2O_3 | 6. SeO_2 |

4. Сокращенное ионное уравнение



соответствует взаимодействию:

1. карбоната кальция и хлороводородной кислоты
2. карбоната натрия и серной кислоты

3. гидрокарбоната бария и азотной кислоты

4. карбоната натрия и уксусной кислоты

5. Многие характеристики атомов элементов связаны с электронным строением атома и положением в Периодической системе химических элементов. В ответе укажите последовательность номеров, соответствующих **увеличению** атомных радиусов представленных элементов (например, 1324):

1. Br

2. S

3. P

4. Se

6. При электролизе расплава 4,75 г хлорида двухвалентного металла на катоде выделилось 1,2 г серебристого металла. Укажите в ответе формулу хлорида, который подвергли электролизу (например, NaCl).

7. **Нейтральную** реакцию среды имеют растворы следующих солей:

1. $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$

2. NaCN

3. Na_2SO_4

4. K_2CO_3

5. MgSO_4

6. AlCl_3

8. Процесс очистки вещества, основанный на различии в температуре кипения основного вещества и примеси:

1. дистилляция

2. хроматография

3. перегонка

4. осаждение

9. В двух пробирках находятся растворы хлорида и иодида натрия. Какой из растворов необходимо добавить к обеим пробиркам для того, чтобы однозначно определить их содержимое?

1. нитрат свинца

2. нитрат бария

3. сульфат меди (II)

4. сульфат кадмия

10. Равновесие в системе



протекающей при постоянном объеме, сместится **вправо (в сторону продуктов реакции)** при:

1. увеличении давления;

2. уменьшении давления;

3. удалении из смеси кислорода;

4. добавлении оксида азота (IV);

5. увеличении температуры

6. уменьшении температуры

11. При сплавлении карбоната марганца с калийной солью одной из хлорсодержащих кислот (массовая доля хлора в соли 28,98%) образуется смесь белого вещества **А** и бурого соединения **Б**, которое катализирует реакцию разложения пероксида водорода:



1. Укажите в ответе формулу вещества **А**. (например, H_2O)

2. Укажите в ответе формулу вещества **Б**. (например, H_2O)

3. Укажите в ответе формулу вещества, которое является окислителем в описанной реакции. (например, H_2O)

4. Укажите в ответе сумму коэффициентов в приведенной реакции (например, 12)

12. При электролизе водного раствора натриевой соли одноосновной карбоновой кислоты **А** с неразветвленным углеродным скелетом на аноде образовались газ **Б** и жидкость **В**, содержащая 84,21% (по массе) углерода.

1. Укажите в ответе соль **А**. Используйте при ответе номенклатуру ИЮПАК (например, этаноат натрия)

2. Укажите в ответе молярную массу газа **Б** (г/моль). Ответ округлите до целых, например 12
3. Укажите в ответе название вещества **В**. Используйте при ответе номенклатуру ИЮПАК (например, этанол)
4. Укажите класс веществ, к которому относится вещество **В** (например: основание)

13. К раствору, содержащему 15,0 г $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, прилили раствор гидроксида натрия до образования голубого осадка (в-во **А**), после чего добавили 5% р-р пероксида водорода. Цвет осадка при этом изменился на красно-оранжевый (в-во **Б**) и выделилось 0,56 л (при н.у.) газа **В**.

1. Напишите формулу вещества **А** (например, NaOH).
2. Напишите формулу вещества **Б** (например, NaOH).
3. Напишите формулу вещества **В** (например, NaOH).
4. Вычислите массу (г) добавленного раствора пероксида водорода (ответ округлите до десятых).

14. Ароматический углеводород **А** вступает в реакцию с веществом **Б**, содержащим 73,4 мас.% брома, в присутствии хлорида алюминия с образованием этилбензола. Последующее взаимодействие этилбензола с бромом приводит к получению соединения **В**, реакция которого со спиртовым раствором гидроксида натрия сопровождается образованием вещества **Д**.

1. Укажите в ответе название вещества **А**. Используйте при ответе номенклатуру ИЮПАК (например, 2-метилбутан)
2. Укажите в ответе название вещества **Б**. Используйте при ответе номенклатуру ИЮПАК (например, 2-метилбутан)
3. Укажите в ответе название вещества **В**. Используйте при ответе номенклатуру ИЮПАК (например, 2-метилбутан)
4. Укажите в ответе **тривиальное** название вещества **Г**. (например, уксусная кислота)

15. К раствору, полученному при взаимодействии 57,7 мл раствора серной кислоты с концентрацией 5,2 моль/л (плотность 1,3 г/мл) и 30,9 г гидроксида хрома (III), прибавили 135,2 г раствора сульфида бария (с массовой долей соли 25,0%) и, образовавшуюся смесь нагрели до прекращения выделения газа. При расчетах исключить образование кислых и основных солей.

1. Вычислите массу соли (в г), получившейся при взаимодействии серной кислоты и гидроксида хрома. Ответ округлите до десятых (например, 24,8).
2. Вычислите массовую долю (в %) соли, которая находится в растворе после окончания второй реакции. Ответ округлите до десятых (например, 5,2)
3. Укажите в ответе формулу соли, которая находится в растворе после окончания второй реакции (например, K_2SO_4).
4. Вычислите массу (в г) соли, которая находится в растворе после окончания второй реакции. Ответ округлите до десятых (например, 5,2).

3.2 Критерии оценки заданий Интернет-тура

3.2.1 Задания 9 класса

№	Балл	
1	4	йод, йод
2	6	2,4
3	6	2,4,6
4	6	2
5	6	2314
6	6	BaH_2

7	6	1,6
8	6	2
9	4	2
10	6	2,3,5
11.1	4	KCl
11.2	4	MnO ₂
11.3	4	KClO ₃
11.4	4	11
12.1	4	CaO
12.2	4	CO ₂
12.3	4	5,6
12.4	4	3,6
13.1	4	Cu(OH) ₂
13.2	4	Cu ₂ O
13.3	4	O ₂
13.4	4	17,0
14.1	4	7,0
14.2	4	60
14.3	4	0,1
14.4	4	5
15.1	4	39,2
15.2	4	12,9
15.3	4	Cr ₂ (SO ₄) ₃
15.4	4	12,9
ИТОГО	130	

3.2.2 Задания 10 класса

№	Балл	
1	4	ртуть
2	6	3,6
3	6	1, 4
4	6	2
5	6	4321
6	6	CaH ₂
7	6	2,4
8	6	2
9	4	1,3,4
10	6	1,4,6
11.1	4	KCl
11.2	4	MnO ₂
11.3	4	KClO ₃
11.4	4	11
12.1	4	CaO
12.2	4	CO ₂
12.3	4	5,6
12.4	4	3,6
13.1	4	Cu(OH) ₂
13.2	4	Cu ₂ O
13.3	4	O ₂
13.4	4	17,0

№	Балл	
14.1	4	бензол
14.2	4	этилбромид
14.3	4	1-бромметилбензол
14.4	4	стирол
15.1	4	39,2
15.2	4	12,9
15.3	4	$\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$
15.4	4	12,9
ИТОГО	130	

3.2.3 Задания 11 класса

№	Балл	
1	4	сера
2	6	3,6
3	6	2,5,6
4	6	2
5	6	2314
6	6	MgCl_2
7	6	3,5
8	6	3
9	4	1,3,4
10	6	2,3,5
11.1	4	KCl
11.2	4	MnO_2
11.3	4	KClO_3
11.4	4	11
12.1	4	пентаноат натрия
12.2	4	44
12.3	4	октан
12.4	4	алкан
13.1	4	$\text{Cu}(\text{OH})_2$
13.2	4	Cu_2O
13.3	4	O_2
13.4	4	17,0
14.1	4	бензол
14.2	4	этилбромид
14.3	4	1-бромэтилбензол
14.4	4	стирол
15.1	4	39,2
15.2	4	12,9
15.3	4	$\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$
15.4	4	12,9
ИТОГО	130	

Ректор федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет», председатель оргкомитета Многопредметной олимпиады «Юные таланты» д.физ.-мат.н.



И.Ю.Макарихин